



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Alternativas ao sistema de transporte tradicional em explorações a céu aberto. Caso de estudo: pedreira de Fornelo

Daniel Filipe Torres Monteiro



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA

Alternativas ao sistema de transporte tradicional em explorações a céu aberto. Caso de estudo: pedreira de Fornelo

Daniel Filipe Torres Monteiro

Nº 1070328

*Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto
para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente, realizada sob a
orientação do Doutor José Augusto Fernandes, Professor Coordenador do
Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP.*

Júri

Presidente

Doutor Helder Gil Iglésias de Oliveira Chaminé

Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor José Augusto de Abreu Peixoto Fernandes *Professor*

Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor João Paulo Meixedo dos Santos Silva *Professor*

Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestre Sílvia Vieira Pinto Alves da Costa Spínola

Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestre Luís Filipe Santos Fonseca

Director de Produção do Grupo Elevo SA, Porto

Assistente Convidado, Instituto Superior de Engenharia do Porto

*A tese de **mestrado em engenharia geotécnica e geoambiente** (MEGG) foi defendida em prova pública, pelo Licenciado **Daniel Filipe Torres Monteiro**, no Auditório de Geotecnia do Departamento de Engenharia Geotécnica (ISEP) em 13 de Novembro de 2014 mediante o júri nomeado, em que foi atribuída, por unanimidade, a classificação final de **16 (dezasseis) valores**, cuja fundamentação se encontra em acta.*

A Direcção do MEGG/ISEP

Dedico esta tese aos meus pais e à minha irmã pelo apoio incondicional. À memória do Carlos Nuno que será sempre um exemplo para mim.

Agradecimentos

Gostaria de expressar os meus agradecimentos a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a elaboração da presente dissertação, em particular:

- Ao meu orientador Doutor José Augusto Fernandes, expresso o meu sincero agradecimento pela inteira disponibilidade e apoio em todas as fases pela qual passou esta dissertação;
- Ao Mestre Luís Ramos (Elevogroup), pela disponibilidade, partilha de ideias e por facultar os dados que permitiram analisar e discutir o presente caso de estudo;
- Ao Departamento de Engenharia Geotécnica do ISEP e a todos os docentes e colegas de curso, sem excepção, por tudo o que convosco pude aprender e crescer pessoal e profissionalmente;
- À Mestre Catarina Dias por muito me ter ajudado a finalizar esta etapa;
- Ao Eng.º Paulo Leitão (Metso Minerais) por me ter cedido material de estudo importante.

Índice Geral

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1.1. Âmbito.....	13
1.2. Enquadramento.....	13
1.3. Objectivos.....	14
1.4. Materiais e Métodos	15
2. ESTADO DA ARTE.....	19
2.1. Introdução	19
2.2. Considerações Iniciais	22
2.3. Selecção dos equipamentos para a operação de Carga e Transporte	24
2.4. Unidades de Transporte: Camiões	28
2.4.1. Camiões <i>Dumper</i> e Fora-de-Estrada	29
2.4.2. Campo de Aplicação dos <i>Dumpers</i> e Camiões Fora-de-Estrada.....	30
2.4.3. Evolução dos Camiões <i>Dumper</i>	30
2.4.4. Evolução na Relação Peso/Potência.....	31
2.5. Correias Transportadoras.....	38
2.5.1. Correias de Transporte apoiadas em Estações de Roletes	41
2.5.2. Correia transportadora apoiada em cabos-guia	54
2.5.3. Correias Transportadoras de alta inclinação.....	56
2.5.4. Comparação entre Transportadores por Correia/Corrente.....	58
2.6. Sistemas de Britagem e Transporte	60
2.6.1. Unidades de Britagem e Transporte “ <i>In Pit</i> ”	66
2.6.2. Unidades de Britagem Móvel.....	67
2.6.3. Unidades de transporte móvel.....	73
2.6.4. Configurações possíveis de Tolvas/Alimentadores.....	74
2.6.5. Equipamento auxiliar	76
2.6.6. <i>Software</i> Disponível	77
2.7. Higiene e Segurança no Trabalho.....	79
2.7.1. Acidentes de Trabalho.....	79
2.7.2. Classificação dos acidentes de trabalho.....	80
2.7.3. Análise estatística dos acidentes de trabalho	80
2.7.4. Produtividade dos Trabalhadores	83
2.7.5. Avaliação de riscos	85
3. CASO DE ESTUDO DA PEDREIRA DE FORNELO	89

3.1.	Considerações Iniciais	89
3.2.	Apresentação da Empresa.....	90
3.3.	Caracterização Geológica	91
3.3.1.	Enquadramento Geológico da Região.....	92
3.3.2.	Geologia Local	93
3.4.	Localização da Pedreira	94
3.4.1.	Vias de Comunicação e Acessos	95
3.4.2.	Actividades desenvolvidas na Pedreira	97
3.5.	Projecto de Exploração.....	99
3.5.1.	Antecedentes e Situação Actual	99
3.5.2.	Evolução Futura da Pedreira	99
3.5.3.	Método de Exploração	103
3.5.4.	Previsão Temporal da Exploração	110
3.6.	Aplicação do Sistema Ideal.....	118
3.6.1.	Setup utilizado actualmente	121
3.6.2.	Sistema <i>In-Pit</i>	121
3.6.3.	Sistema de Britagem e Transporte Móvel a aplicar	124
3.6.4.	Dimensionamento do Sistema de Britagem e Transporte Móvel	127
3.6.5.	Seleção do Transportador Móvel	128
3.6.6.	Seleção da tela transportadora	129
3.6.7.	Dimensionamento da Potência Eléctrica da Instalação	131
4.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	135
4.1.	Considerações Gerais	135
4.2.	Comparação entre sistemas.....	135
5.	CONCLUSÕES	143
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147

Índice de Figuras

Figura 1 - Diferentes etapas da indústria extractiva e transformadora de rocha industrial.....	22
Figura 2 - Conjunto de operações consubstanciadas no processo de produção de agregados, que vão desde o maciço rochoso (Georrecurso) até à obtenção de um produto rochoso final (Agregado Britado)	23
Figura 3 - IPCC, Retroescavadora, unidade móvel de britagem e transporte, correia e camião	24
Figura 4 – camião basculante comum (a), Atrelado (b), Dumper (c), Camião Fora de Estrada (d) .	28
Figura 5 – Camião Fora-de-Estrada com assistência eléctrica	33
Figura 6 – Sistema de assistência <i>trolley</i>	35
Figura 7 – condução autónoma de camiões <i>Dumper</i>	36
Figura 8 – Controlo de tráfego autónomo	37
Figura 9 – Tipos de correias transportadoras (a – apoiadas em estações de roletes; b – apoiadas em cabos-guia; c – de alta inclinação)	38
Figura 10 – Imagem representativa das dos componentes de uma correia de transporte: a) correia de transporte; b) roletes de carga; c) polia da cabeça; d) polia deslizante; e) Unidade de tomada; f) material a transportar; g) caleiro para carga; h) trajecto de carga; i) caleiro para descarga; j) roletes de impacto; k) trajecto de retorno; l) roletes de retorno; m) polia de retorno; n) ângulo de viragem.....	40
Figura 11 – Correias de Transporte apoiadas em estações de roletes	41
Figura 12 – Tipos de tambores: a) Com tira anti-derrapante; b) com barras anti-deslizantes; c) revestido.....	43
Figura 13 – Inclinações aconselhadas para os roletes na distância de transição	44
Figura 14 – Roletes e respectiva estrutura de suporte.....	44
Figura 15 – Tipos de redutores: (a) de parafuso sem fim/roda de coroa; b) de engrenagens).....	47
Figura 16 – Sistema de contra-recuo	50
Figura 17 – Coberturas superiores de telas existentes: a) Capa anti-poeira; b) Vedação	53
Figura 18 – Tipos de raspadores	53
Figura 19 – Limpador do tipo escova	53
Figura 20 – Correia transportadora apoiada em cabos-guia: a) Suporte das polias e b) tensionamento dos cabos	54
Figura 21 – Correia para transportadores por cabos-guia	54
Figura 22 – Correias de alta inclinação: a) Correias do tipo <i>sandwich</i> ; b) Elevadores de baldes. ..	56
Figura 23 – Instalação típica de um sistema <i>In-Pit</i>	64
Figura 24 – Comparação entre a procura por britadores de mandíbulas montados em sistemas móveis e fixos de 1997 a 2002, nos EUA e Europa	65

Figura 25 – Sistema de britagem <i>In-Pit</i> e sistema convencional de transporte por camiões	65
Figura 26 – Constituintes de um britador móvel Bercam C-1200	67
Figura 27 – Tipos de britadores existentes no mercado: a) britador de mandíbulas, b) britador de impacto, c) britador cónico	68
Figura 28 – Unidade de transporte Lokolink	73
Figura 29 – Alimentação directa (esquerda) e indirecta (direita) da tolva	74
Figura 30 – Martelo Hidráulico.....	76
Figura 31 – Transportador.....	77
Figura 32 – Sistema Metso DNA em funcionamento	78
Figura 33 – Limites da área do projecto (área Licenciada – limite azul; área de Ampliação – limite a vermelho)	91
Figura 34 – Enquadramento geotectónico regional dos granitos Variscos da zona Centro-Ibérica (ZCI), bem como a visualização das principais faixas de cisalhamento e sistemas de falhas regionais do NW de Portugal – o rectângulo a vermelho representa a região onde se localiza a área em estudo.....	92
Figura 35 – Enquadramento geológico regional da área com a localização da pedreira licenciada e da ampliação	93
Figura 36 – Localização da Pedreira de Fornelo	94
Figura 37 – Extracto da Carta Militar nº 97 com a localização da actual área licenciada da pedreira (azul) + a área de ampliação (vermelho).....	95
Figura 38 – Vias de comunicação e acessos à pedreira "Vila Verde nº 2".	96
Figura 39 – Visualização dos degraus (bancadas).	97
Figura 40 – Processo de descarga do material para o britador primário: a) topo da tolva; b) tolva e alimentador	98
Figura 41 – instalação de britagem e de classificação.	98
Figura 42 – Representação esquemática da altura e largura dos degraus, durante as diferentes fases de exploração e consequente inclinação do talude protecção.	100
Figura 43 – Representação do sólido utilizado para cálculo das reservas a explorar na pedreira.	101
Figura 44 – Características do diagrama de fogo	105
Figura 45 – Caminhos e rampas de acesso ao interior da exploração.	107
Figura 46 – Layout da instalação de britagem e classificação.....	108
Figura 47 – Diagrama geral do processo produtivo.	108
Figura 48 – Representação esquemática da evolução da exploração segundo o faseamento previsto.....	112
Figura 49 – Avanço da lavra e configuração no final do 6º ano.	114

Figura 50 – Esquema de avanço da lavra e configuração no final do 11º ano.....	115
Figura 51 – Esquema de avanço da lavra e configuração no final do 13º ano.....	116
Figura 52 – Esquema de avanço da lavra e configuração na fase 4	118
Figura 53 – Imagem representativa da vala a instalar na adopção do sistema <i>In-Pit</i>	123
Figura 54 – Representação esquemática da localização das valas segundo o faseamento previsto	125
Figura 55 – Capacidades e especificações técnicas para o britador primário	127
Figura 56 – Curvas para a obtenção da % de passados para cada tamanho de produto	128
Figura 57 – Selecção do equipamento de transporte móvel adequado para a operação	128

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Os factores naturais que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999 e Radowlski, 1988).....	25
Tabela 2 – Os factores de Projecto que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999 e Radowlski, 1988).....	26
Tabela 3 – Os factores económicos que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999).....	27
Tabela 4 - Características básicas dos Camiões Basculantes (Manual de Produção da Caterpillar, 2013).	29
Tabela 5 - Fluidez dos materiais (adaptado de Fernandes, 2010 e http://www.ckit.co.za/secure/misc/trajectories_flow.html , 2014).	39
Tabela 6 – Tipos de roletes (Arndt, 2012).	45
Tabela 7 – Diferentes tipos de descarga (Arndt, 2012).....	49
Tabela 8 - Correia Transportadora: apoiada em estações de roletes <i>versus</i> apoiada em cabos-guia	59
Tabela 9 - Correia transportadora: do tipo “ <i>sanduche</i> ” <i>versus</i> elevadores de baldes.....	59
Tabela 10 – Tabela-síntese dos tipos de sistema de britagem existentes	61
Tabela 11 – Tabela-síntese dos tipos de sistema de transporte por correia existentes (adaptado de Tutton, 2009).....	63
Tabela 12 - Parâmetros fundamentais a serem analisados para a selecção do equipamento de britagem (Manutenção&Tecnologia, 2012).	70
Tabela 13 – Produção de <i>sinter feed</i> e <i>pellet feed</i> (Manutenção&Tecnologia, 2012).	72
Tabela 14 – Características dos alimentadores de sapata e correia (Radowlski, 1988).	75
Tabela 15 – Quadro-síntese dos acidentes de trabalho e dias úteis perdidos por actividade económica, por tipo de local e por contacto (adaptado de http://www.gep.msess.gov.pt , 2014).	82
Tabela 16 – Distinção dos riscos entre os camiões e as telas transportadoras (+ risco; - risco; n.a. não aplicável).	85
Tabela 17 – Síntese das áreas previstas para a pedreira	101
Tabela 18 – Cálculo das reservas exploráveis durante as diferentes fases.....	102
Tabela 19 – tempo de vida útil da Pedreira de Fornelo (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).....	103
Tabela 20 – Resumo dos procedimentos executados por operação.	106
Tabela 21 – Listagem de trabalhadores afectos à exploração.	109
Tabela 22 – Equipamento produtivo.....	110
Tabela 23 – Correspondência entre a vida útil da pedreira, as fases de exploração e os triénios correspondentes.	110

Tabela 24 – Equipamentos, melhorias, descrição e objectivo e locais da aplicação	119
Tabela 25 – Verificação das condições necessárias ao trabalho do britador móvel, telas transportadoras e <i>dumpers</i>	120
Tabela 26 – Características dos trajectos.	120
Tabela 27 – Cálculo da potência eléctrica a instalar na solução utilizada actualmente com base na regra prática (FAÇO, 1994).	131
Tabela 28 – Cálculo da potência eléctrica a instalar na solução proposta com base na regra prática (FAÇO, 1994).	132
Tabela 29 – Produção obtida na Pedreira de Fornelo do ano de 2010 ao ano de 2013.	136
Tabela 30 – Custos operacionais da exploração na pedreira de Fornelo, do ano de 2010 ao ano de 2013.	136
Tabela 31 – Peso da operação de Carga e Transporte e respectivos custos e volumes desmontados anualmente, do ano de 2010 ao ano de 2013.	136
Tabela 32 – Custos operacionais associados à operação de carga e transporte, entre 2010 e 2013.	137
Tabela 33 – Custos operacionais associados ao consumo energético (electricidade), entre 2010 e 2013.	137
Tabela 34 – Solução actual vs. Solução proposta, com produção de 200t/h.	138
Tabela 35 – Solução actual vs. Solução proposta, com produção de 335 t/h.	139

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Evolução dos Acidentes de Trabalho mortais, de 2001 a 2010 (Laginha, Miranda & Pinho, 2012).	81
Gráfico 2 – Distribuição dos Acidentes de Trabalho por contacto, de 1997 (Metso, 2014).....	83

Índice de equações

Equação 1	101
Equação 2	102

Lista de abreviaturas

GEP/MTSS - Gabinete de Estratégia e Planeamento do Ministério do Trabalho e Solidariedade Social

IPCC – *In-Pit Crushing and Conveying*

OIT – Organização Internacional do Trabalho

PARP – Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística

CAPÍTULO I



Mina de ferro a céu aberto no Vale na Serra de Carajás, Brasil

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. ÂMBITO

1.2. ENQUADRAMENTO

1.3. OBJECTIVOS

1.4. MATERIAIS E MÉTODOS

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Âmbito

A presente tese enquadra-se na Unidade Curricular Dissertação/Projecto/Estágio (42 ECTS), do 2º ano, do Curso de Mestrado em Engenharia Geotécnica e Geoambiente do Departamento de Engenharia Geotécnica (DEG) do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) do Instituto Politécnico do Porto (IPP). A elaboração e defesa pública da presente tese, em formato “Dissertação”, são imperativos para a conclusão do 2º ciclo e a consequente obtenção do Grau de Mestre.

1.2. Enquadramento

A evolução da sociedade obriga a uma elevada preocupação económica por parte das empresas. Quer a nível regional, quer a nível global, a redução de custos de produção/operação representa a chave fundamental de sobrevivência dos mercados. Posto isto, é necessário estudar, neste sector, onde os recursos podem ser poupados com o objectivo de aumentar o lucro e fazer parte de um mercado cada vez mais competitivo.

Actualmente, a redução de custos em todas as fases associadas à actividade das centrais de produção de minas e pedreiras é um ponto fulcral para a competitividade das empresas, quer a nível regional quer a nível mundial. É portanto necessário acompanhar a actualização do mercado e rever onde os custos financeiros podem ser minimizados com vista final ao aumento do lucro e, consequentemente, preços de venda mais baixos e competitivos. É neste contexto que serão

feitas considerações sobre aplicações, casos de estudo e os efeitos económicos que as soluções móveis de britagem e correias transportadoras apresentam.

Sabendo que o desmonte não é mais do que a operação de destaque de uma porção, mais ou menos representativa, do material rochoso que o constitui (Galiza *et al.*, 2008), é contudo necessário saber que a qualidade de execução desta etapa e todas as operações a ela inerentes irão influenciar, de forma negativa ou positiva, a rentabilidade de todas as operações subsequentes a saber: fragmentação secundária, carga e transporte e britagem.

Trata-se, portanto, de um desafio aliciante compreender toda a dinâmica existente desde a caracterização do maciço rochoso em estudo até à produção dos lotes finais requeridos, sendo o objectivo final de todo este processo a optimização/rentabilização por forma a torná-lo mais eficiente, aumentando a produção horária com a diminuição dos custos económicos associados.

Este trabalho foi desenvolvido, em quatro fases complementares. Como primeira fase, o trabalho de investigação das melhorias e evolução dos equipamentos de transportes na indústria extractiva. Como segunda fase, a análise do caso de estudo, quanto à produção, configuração e desenvolvimento futuro da exploração em causa. Na terceira fase, o estudo de outros casos de estudo para tentar perceber a aplicabilidade e a adequabilidade das diferentes soluções existentes actualmente aos diferentes caso de estudo, por forma a atingir o objectivo de aumentar a eficiência da operação de carga e transporte, minimizando os custos associados. Na quarta e última fase, tentou-se adaptar uma situação ideal face ao caso de estudo a que este estudo se propôs.

1.3. Objectivos

A presente tese tem como principal objectivo, o estudo das soluções existentes para a realização da operação de carga e transporte neste sector, e perceber de que forma essas soluções podem ser aplicadas para maximizar a eficiência do processo e minorar os custos de produção a ele associados. Existindo várias soluções disponíveis no mercado, foi necessário adequar as vantagens e desvantagens de cada uma dessas soluções a este caso de estudo em concreto, podendo-se destacar que todos os objectivos desta tese foram:

- ✓ Estudar os diferentes equipamentos existentes actualmente, concebidos para a realização da operação de carga e transporte em minas e pedreiras;

- ✓ Analisar a evolução desses equipamentos e procurar soluções e tendências do mercado na indústria extractiva;
- ✓ Selecção das áreas de estudo na própria pedreira e análise topográfica da mesma;
- ✓ Análise do Plano de Lavra actual, com o objectivo de perceber o desenvolvimento futuro da exploração;
- ✓ Estudar diferentes casos de estudo com diferentes soluções aplicadas nesta indústria, e análise dos resultados obtidos;
- ✓ Estudo da possibilidade e da adequabilidade de um sistema do tipo móvel a este caso da Pedreira de Fornelo;
- ✓ Comparar o sistema actualmente utilizado com o sistema proposto, distinguindo vantagens e desvantagens de cada um no que diz respeito à viabilidade e economia do processo.

1.4. Materiais e Métodos

O presente trabalho foi dividido, essencialmente, em quatro fases.

Na primeira fase, existiu o trabalho de investigação dos equipamentos e *upgrades* existentes actualmente para a realização da operação de transporte na indústria extractiva. Os avanços existentes nas últimas décadas e a análise da evolução dos diferentes sistemas foram considerados e apresentam todo um objectivo comum: a minimização dos custos proporcionado pelo aumento da eficiência do processo.

Como segunda fase, a análise do caso de estudo no que diz respeito à produção realizada, a configuração da exploração e o desenvolvimento futuro da exploração em causa por forma a conseguir perceber a evolução da pedreira desde a actualidade até ao fim da vida útil da mesma.

Na terceira fase, o estudo de outros casos de estudo para tentar perceber a aplicabilidade e a adequabilidade das diferentes soluções existentes actualmente aos diferentes caso de estudo, por forma a atingir o objectivo de aumentar a eficiência da operação de carga e transporte, minimizando os custos associados.

Na quarta e última fase, tentou-se idealizar e compatibilizar uma situação ideal face às vantagens e desvantagens que definem os diferentes sistemas existentes, tendo em conta a adaptação de um sistema ao caso de estudo a que esta dissertação se propôs.

CAPÍTULO II



Mina de diamantes a céu aberto em Sakha, Rússia

2. ESTADO DA ARTE

2.1. INTRODUÇÃO

2.2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

2.3. SELECÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA A OPERAÇÃO DE CARGA E TRANSPORTE

2.4. UNIDADES DE TRANSPORTE: CAMIÕES

2.5. CORREIAS TRANSPORTADORAS

2.6. SISTEMAS DE BRITAGEM E TRANSPORTE

2.7. HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

Desde os anos 60, tem havido um optimismo acerca da substituição dos camiões por correias transportadoras em grandes Pedreiras/Minas, resultando em benefícios em termos económicos e mais recentemente, em emissões poluentes. Nos últimos anos, estes desenvolvimentos têm tido mais procura devido ao preço mais elevado do petróleo, e isto levou os fabricantes a desenvolver uma série de sistemas alternativos. Consequentemente, tem havido um maior foco em sistemas IPCC (*In-Pit Crushing and Conveying*).

O aumento dos custos operacionais e o declínio dos preços das mercadorias na maioria dos casos forçam as empresas a olhar para várias alternativas de redução de custos para se manterem competitivas. Os custos de transporte têm sido um ponto a abordar, pois aumentaram significativamente com o aumento do preço dos combustíveis.

Uma alternativa para reduzir os custos de transporte no caso das explorações será encurtar a distância percorrida pelo camião de transporte, localizando o ponto de descarga do camião directamente na escavação. Usando britadores móveis, e correias transportadoras para transporte de minério e/ou resíduos da escavação pode, também, reduzir os custos de transporte.

Apesar do elevado interesse por parte dos fabricantes de equipamentos e consultores de engenharia, estes sistemas de britagem e transporte móvel têm tido sucesso limitado em pedreiras e minas a céu aberto, e os camiões têm continuado a ser aplicados, sendo estes cada vez maiores. Enquanto a britagem de minério tem sido utilizada em condições específicas, poucas minas implementaram com sucesso britagem do estéril.

A indústria mineira mantém-se portanto céptica, baseando-se nos *setups* convencionais, com eficácia comprovada e de fácil aplicação, de camiões *dumper* e escavadoras. Mas, de forma lenta e gradual, esta nova técnica tem vindo a conquistar a indústria.

Com o aumento dos preços do combustível, nos últimos anos, têm sido feitas inúmeras considerações acerca da aplicação de britagem e transporte em pedreiras/minas.

Os benefícios da utilização de novos sistemas têm por base a redução de custos operacionais. As facturas associadas ao combustível, mão-de-obra, camiões, pneus e emissões de dióxido de carbono podem ser reduzidas, principalmente quando é feita a instalação de um sistema totalmente móvel.

Nos estudos efectuados, afirma-se que os custos operacionais dos sistemas IPCC são geralmente 20 a 60% inferiores do que um sistema convencional assistido por uma escavadora e *dumper*, sendo os sistemas totalmente móveis os mais simples e económicos (Foley, 2012).

As desvantagens potenciais destes sistemas baseiam-se na sua viabilidade pois são sistemas ligados sequencialmente, que durante o tempo de inactividade/paragem, quer seja ou não programada, podem influenciar negativamente a sua eficácia, enquanto um camião e uma escavadora permitem uma maior flexibilidade.

Além de os sistemas de britagem e transporte móveis terem um custo inicial mais elevado comparativamente aos sistemas convencionais de *dumper* e escavadora, e analisando um ponto de partida inicial de uma exploração, seja esta a céu aberto ou subterrânea, os camiões permitem ser adicionados à frota para fazer face a aumentos de produção, já os sistemas IPCC exigem a aquisição dos conjuntos completos para corresponder às expectativas máximas de produção da exploração.

Os resultados potenciais da instalação de britagem móvel e correias transportadoras em operações a céu aberto e nas exigências do planeamento da escavação podem ser significativos. A maioria dos exemplos e experiências são obtidos a partir de grandes escavações.

Deve ser lembrado que as instalações de transporte com correias funcionam especialmente bem quando têm de ser movimentados grandes volumes de material de um ponto fixo para um único local, sendo esse local normalmente acima da fonte. O movimento contínuo ou várias fontes acopladas com movimento contínuo ou vários locais de descarga não são obrigatoriamente a situação ideal para o transporte por correias.

A britagem móvel conectada ao sistema de transporte torna-se indispensável pois a porção de material destacada originada pela operação de desmonte, relativamente ao tamanho do bloco, não pode ser transportado pelas correias transportadoras sem fragmentação prévia.

A circulação de material por um sistema de britagem e correias de transporte móvel começa com o material transportado a ser descarregado no alimentador. O material é britado e transportado por correias de transporte horizontais da frente da escavação levando o material para fora da escavação. Pode haver mais do que um tipo de correias com transferências em cada junção, função da geometria e da profundidade da escavação. Uma vez que o material sai da escavação, deve ser transportado para as instalações de britagem.

Sendo a chave para a redução de custos, em grandes escavações que produzem um volume muito elevado, um sistema de britagem “*In Pit*”, que representa uma combinação em cadeia de britador móvel, com correias transportadoras móveis e fixas. Estas soluções podem trabalhar bem noutros campos de aplicação, como por exemplo, processamento de minérios, engenharia civil, reciclagem, túneis e muito mais.

2.2. Considerações Iniciais

As principais operações realizadas em minas ou pedreiras, podem ser divididas em perfuração, carregamento e detonação, carga e transporte e britagem (Zimmerman & Kruse, 2006).

A actual necessidade de redução de custos de produção requer a análise de todos os factores económicos envolvidos, e o conjunto de equipamentos utilizados é um dos aspectos mais relevantes na redução dos custos de produção associados à operação de carga e transporte, devido, essencialmente, aos efeitos directos nos custos operacionais (adaptado de Dias, 2013).

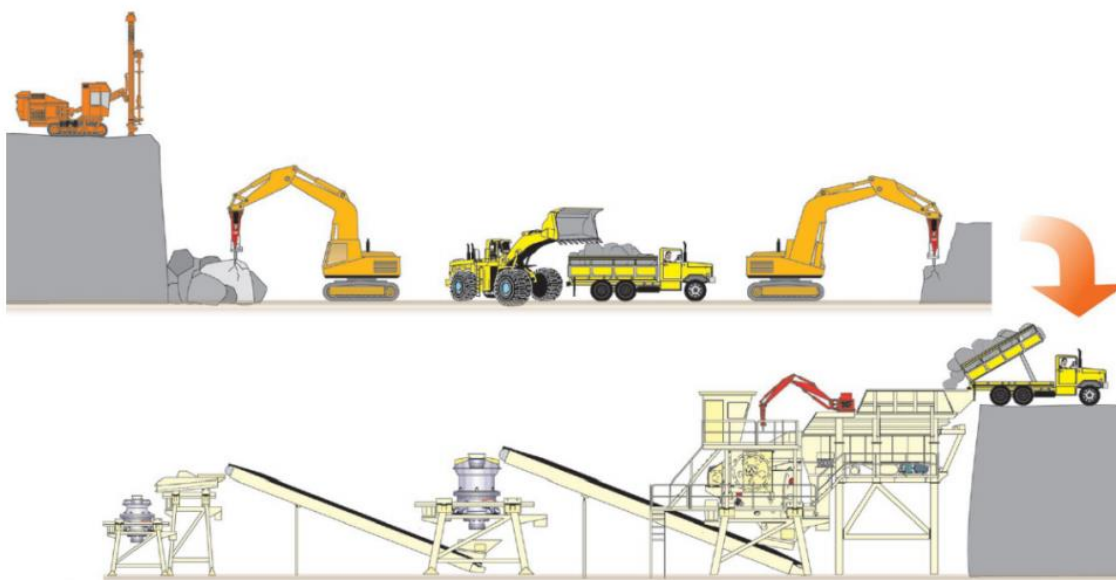


Figura 1 - Diferentes etapas da indústria extractiva e transformadora de rocha industrial (adaptado de Rock Excavation Handbook, Sandvik/Tamrock, 1999).

Actualmente, onde voga o conceito de mais oferta que procura, o custo de produção é cada vez mais determinante para se ser competitivo no mercado. A optimização de todas as operações é essencial para a evolução técnico-económica e, como tal, deve-se obter em cada operação o maior rendimento possível. As percentagens que as principais operações envolvidas representam, no que diz respeito ao custo, não são equitativamente distribuídas (Figura 2) (Dias, 2013).



Figura 2 - Conjunto de operações consubstanciadas no processo de produção de agregados, que vão desde o maciço rochoso (Georrecurso) até à obtenção de um produto rochoso final (Agregado Britado) (adaptado de Galiza *et al.*, 2011 a,b,c).

Através da Figura 2 é possível verificar que a operação de carga e transporte (4), é a operação mais representativa, logo à primeira vista torna-se a operação mais atractiva para optimização devido, essencialmente, ao peso que representa. Contudo, é a penúltima do processo de extracção e transformação, significando que a sua rentabilidade depende da qualidade das operações anteriores. A britagem também poderia ser vista como uma operação passível de ser optimizada, igualmente pelo peso que representa nos custos de operação totais.

A perfuração é uma das operações envolvidas na fragmentação de rocha (Olofsson, 2002; Holmberg, 2003). Sendo a perfuração a primeira operação a ser executada e, apesar de representar menor peso no custo de operação, é das que mais influencia a optimização das restantes. O carregamento e rebentamento possuem um peso pouco significativo, apenas assumem um papel preponderante na rentabilidade do todo processo de transformação. A fragmentação secundária, não é mais que uma operação com recurso a meios mecânicos para fragmentar os blocos de maior dimensão que resultaram de um desmonte pouco eficaz (adaptado de Dias, 2013).

Nesta dissertação serão apresentadas e comparadas as aplicações e economia dos sistemas passíveis de realizar a operação de carga e transporte.

2.3. Selecção dos equipamentos para a operação de Carga e Transporte

O problema da selecção do equipamento ideal, para determinada tarefa de movimento de terras, reside na análise de todos os factores que influenciam o seu desempenho.

A experiência demonstra tratar-se de um problema algo complexo dado ser necessário o conhecimento de vários parâmetros. Convém referir que, em muitos casos pode existir mais do que uma equipa de equipamentos que satisfaça as condições, ficando a escolha ao arbítrio de critérios pessoais ou exigências específicas do projecto.

Apesar de tudo, será muito importante o conhecimento de todos esses parâmetros e a forma como influenciam o desempenho dos equipamentos, uma vez que nos levam à determinação da solução.

Os factores que influenciam a escolha dos equipamentos podem ser englobados em três grupos, os factores naturais, os factores de projecto e os factores económicos (adaptado de Spínola, 1999).

A Figura 3 ilustra os diferentes sistemas de transporte aqui estudados.



Figura 3 - IPCC, Retroescavadora, unidade móvel de britagem e transporte, correia e camião (Fonte: <https://magazine.cim.org/en/2013/November/technology/In-pit%20innovation.aspx>, 2014).

Os Factores Naturais são os que dependem das condições vigentes no local de trabalho, tais como a natureza dos solos, as condições meteorológicas, a topografia mais ou menos acentuada, a localização do nível freático, entre outros (Tabela 1).

Tabela 1 - Os factores naturais que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999 e Radowlski, 1988).

Natureza dos Solos	<p>Este deve ser o primeiro factor a ser considerado, com base nas suas características físicas, tais como a granulometria, resistência ao rolamento, capacidade de suporte à acção das cargas, humidade natural, entre outros.</p> <p>Sempre que um terreno apresenta baixa capacidade de suporte, quer seja devido ao excesso de humidade ou à presença de matéria orgânica, ou ainda à existência de resistências de rolamento muito elevadas, elimina praticamente todas as soluções de máquinas de pneus, devido a problemas de afundamento e de falta de aderência que conduziriam a custos muito elevados, pelo que se recorre a máquinas de rastos, pela boa flutuação e aderência em terrenos desta natureza.</p> <p>Em casos extremos como em solos argilosos com matéria orgânica, e elevada humidade, com baixa capacidade de suporte, teremos de recorrer à sua escavação por meio de escavadoras, dada a impossibilidade de qualquer tráfego sobre eles.</p>
Condições Meteorológicas	<p>O facto de certas regiões em que a pluviosidade é intensa e/ou frequente em certas épocas do ano deve ser considerado na selecção do equipamento, pois a ocorrência de pequenas precipitações frequentes é um factor negativo na produtividade e, consequentemente nos custos dos serviços por ele realizados.</p> <p>Por exemplo, nos meses de Inverno, com pequenas precipitações, observa-se uma média de 15% de paralisações.</p> <p>Nestas condições, a utilização de equipamentos de pneus, em estações chuvosas, em zonas com precipitação intensa (superior a 3000mm/ano) não são aconselháveis os equipamentos de pneus, sendo preferível a utilização da máquina de rastos.</p> <p>As operações realizadas por camiões são adversamente afectadas por pluviosidade, baixas temperaturas e principalmente por nevoeiros.</p>
Topografia	<p>A topografia local, mais ou menos acentuada, que resulta em rampas mais ou menos pronunciadas, é um factor muito importante para a selecção do equipamento. Existem equipamentos que em virtude da falta de potência ou de aderência, não podem ser empregues, uma vez que não conseguem vencer as inclinações impostas. Por outro lado, quando os declives são muito acentuados, a falta de segurança na operação pode levar ao impedimento da sua utilização.</p> <p>Sendo assim, entre equipamentos do mesmo tipo, alguns, por características da construção, apresentam maior possibilidade de aplicação em rampas acentuadas.</p> <p>Apesar de inclinações entre 10 e 12% serem mais económicas em operações de transporte por camião em escavações com pouca profundidade, o sobreaquecimento dos motores em rampas extensas com estas inclinações, limitam a operação de transporte a inclinações máximas de 8% em rampas com grande extensão.</p>

Os Factores de Projecto (Tabela 2) englobam o volume de terra a ser movimentada, as distâncias de transporte, as rampas e as dimensões das plataformas, para além dos planos existentes para trabalhos futuros.

Tabela 2 – Os factores de Projecto que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999 e Radowski, 1988).

Volume a Movimentar	<p>Este é um factor preponderante, uma vez que grandes volumes, aplicam maior facturação, o que permite o emprego de máquinas em quantidade e qualidade o que significa um elevado investimento.</p> <p>O movimento de pequenos volumes pode levar a prazos de execução muito curtos para os equipamentos de elevada produtividade, pelo que se desaconselha o seu uso, face à pequena facturação e às despesas com a sua deslocação.</p>
Distância de Transporte	<p>A distância de transporte influencia os tempos variáveis, maior parcela do custo de produção, pelo que o custo de transporte é relativamente elevado quando comparado com as restantes operações de produção. Sabemos que o custo é obtido pela relação entre o custo global do equipamento e a produção global da equipa.</p> <p>A produção de um equipamento varia na razão inversa do tempo de ciclo, logo quanto maior a distância de transporte, maiores os tempos variáveis, maior o tempo de ciclo e menor a produção. Verifica-se então que a distância é um factor importante na selecção de um transportador. Assim, para distâncias pequenas (inferiores a 50m), as máquinas de esteira com lâmina, embora sejam de baixa velocidade (< 10 km/h) são as indicadas, porque geram custos baixos. Se utilizarmos nestes casos equipamentos de elevadas velocidades, estes não atingem a velocidade máxima numa distância tão curta, pelo que estamos a subaproveitar a mesma.</p> <p>Para distâncias maiores, para além dos 100m, o tempo de ciclo do tractor de lâmina já se torna muito longo, reduzindo drasticamente a produção.</p> <p>Para distâncias maiores que 900 m, o tempo de ciclo das unidades escavo-transportadoras já se torna, também muito grande, pelo que se aconselha a utilização de um grande número de unidades na frota de transporte, sem, contudo, implicar um investimento demasiado grande, e sempre carregadas por escavo-carregadoras. Convém referir que a selecção dos equipamentos se encontra condicionada, quer pela sua manobrabilidade dentro do espaço da obra, quer pelo prazo de execução da obra.</p>
Planos para Trabalhos Futuros	<p>Este é um factor cada vez mais importante uma vez que os equipamentos são escolhidos para uma maior amplitude de aplicação relativamente aos materiais durante o ano inteiro. Assim, os empreiteiros equipam-se para um maior número de oportunidades futuras de trabalho.</p>

Os Factores económicos (Tabela 3) são os decisivos na escolha do tipo de equipamentos a utilizar.

Tabela 3 – Os factores económicos que influenciam a escolha dos equipamentos (adaptado de Spínola, 1999).

Os factores económicos resumem-se ao custo unitário do trabalho que, em última análise, é o factor predominante e frequentemente decisivo na escolha a ser feita.

Pelo exposto podemos concluir que existe uma faixa de distâncias nas quais certos tipos de máquinas conduzem a custos unitários menores, ou seja, é possível definirem-se faixas de utilização económicas para os diversos equipamentos.

Torna-se patente, porém, que a escolha de um equipamento deve basear-se em todos os factores anteriormente referidos.

Num mercado de trabalho competitivo, em que as obras são licitadas quase exclusivamente mediante critérios de custo, torna-se óbvia a importância da selecção correcta do equipamento que conduza aos menores custos unitários.

Por outro lado, a escolha definitiva de uma equipa deve ser feita mediante a estimativa bem realista da produção provável e do seu custo, pelos métodos já referidos.

A contratação de pessoal e aquisição de máquinas para movimentar grandes quantidades de material por longas distâncias é uma fórmula chave para o sucesso, sendo os camiões de transporte e os sistemas de transporte por correia os principais componentes. Os camiões de transporte são bastante utilizados na maioria das grandes minas e pedreiras a céu aberto e algumas grandes minas subterrâneas, movendo o material desde a frente de trabalho até à instalação de processamento. Os sistemas de transporte por correia são equipamentos de elevada dimensão e consumo de energia, sendo geralmente utilizados para movimentar materiais de um ponto fixo para outro numa escavação que não está em constante mudança (McMaha, 2010).

É necessário contabilizar a pior situação de transporte na escolha dos equipamentos, e isto deve-se à compatibilidade desses equipamentos cumprirem a função que lhes é exigida perante as diversas situações na vida útil da exploração, sejam elas favoráveis, intermédias ou desfavoráveis.

2.4. Unidades de Transporte: Camiões

As unidades de transporte são utilizadas quando as distâncias a percorrer são significativas, de tal modo que o emprego do *motoscraper* ou do *scraper* se torna inviável por razões económicas. Desta forma, para as grandes distâncias devemos optar por equipamentos mais rápidos, de baixo custo e de maior produção, ainda que à custa do emprego de um maior número de unidades. São unidades de transporte (Spínola, 1999):

- Camião basculante comum;
- Atrelados;
- *Dumpers*;
- Camiões Fora-de-Estrada.

O sistema de transporte por camiões é o método mais utilizado em operações de exploração a céu aberto. A excelente flexibilidade e viabilidade deste sistema satisfazem plenamente a harmonização do transporte de materiais com outras operações envolvidas na exploração.

Já os respectivos custos operacionais e a necessidade de caminhos de acesso adequados tornam esta alternativa bastante dispendiosa.

Com o aumento das distâncias de transporte, ou dos declives percorridos pelos camiões, aumentam substancialmente os custos associados a esta etapa, não só pelo consumo de combustível, mas também pelo desgaste do material, a maior manutenção e necessidade de mais veículos.

Neste subcapítulo serão debatidas as condições do transporte por camiões na indústria extractiva, assim como os aperfeiçoamentos passíveis de serem efectuados (adaptado de Radowski, 1988).

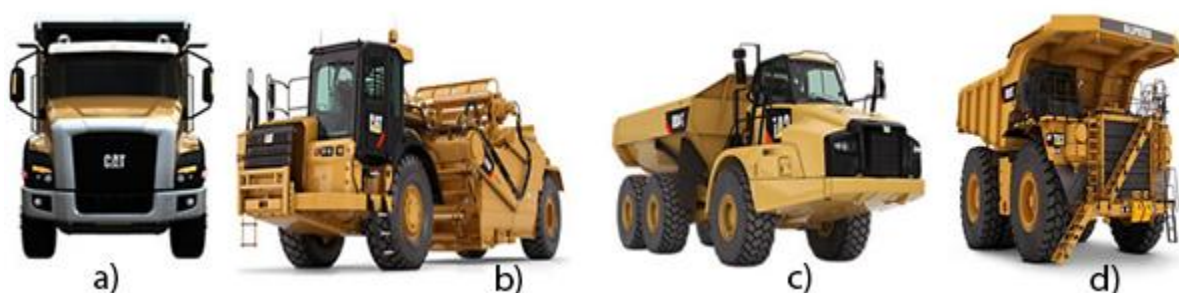


Figura 4 – camião basculante comum (a), Atrelado (b), Dumper (c), Camião Fora de Estrada (d) (Fonte: Manual Caterpillar, 2013).

2.4.1. Camiões *Dumper* e Fora-de-Estrada

O camião *Dumper* (Figura 4, c) é o tipo de veículo mais popular para o transporte realizado por rodas. Podendo ser usado em explorações a céu aberto e, praticamente, para qualquer tipo de material. Este equipamento de transporte é montado sobre um chassis com um sistema hidráulico que permite a descarga dos materiais (Kennedy, 1990).

São transportadores que se assemelham bastante aos camiões basculantes comuns, apresentando no entanto, algumas diferenças a nível da estrutura, o que permite diferenciá-los.

Existem *dumpers* com capacidades desde ¼ ton. a 326 ton., e mais. Os *dumpers* de pequena capacidade e alguns de média capacidade têm o posto do condutor, o motor e as rodas directrizes colocadas à retaguarda, o que permite ao condutor uma vigilância do material na carga, transporte e descarga, para além de necessitar de menos espaço para a realização de manobras.

Para eliminar as manobras necessárias na operação de carga e descarga, o *dumper* possui um volante e assento giratórios e comandos duplos, o que permite a sua deslocação tanto para a frente como para trás, mas com o operador a olhar no sentido de deslocação, em ambos os casos.

Os camiões fora de estrada são veículos de grande tonelagem e foram construídos e desenhados para os trabalhos pesados da construção, razão pela qual estes camiões estão limitados à zona da obra.

São unidades de elevado custo de aquisição, o que obriga o seu trabalho a transporte de grandes volumes (Spínola, 1999).

O camião *dumper* ou fora-de-estrada pode ser equipado com um sistema eléctrico, ou mecânico, que permite ser conduzido em 2 eixos ou no eixo traseiro (Radowski, 1988). As características básicas destes tipos de camiões são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características básicas dos Camiões Basculantes (Manual de Produção da Caterpillar, 2013).

	Mínimo	Máximo
Peso Bruto do Veículo (ton.)	68,1	590
Carga Útil Máxima (ton.)	37,4	326,5
Potência Bruta (Cv.)	510	3400
Velocidade Máxima (Km/h)	64	75

2.4.2. Campo de Aplicação dos *Dumpers* e Camiões Fora-de-Estrada

Muito embora os *dumpers* de grande capacidade sejam semelhantes aos camiões, as suas características impõem-lhes um campo de aplicação diferente.

Assim, o *dumper* é usado (Spínola, 1999), com mais vantagem que um camião, em:

- Distâncias entre 1 e 1,5km (*dumpers* de pequena capacidade);
- Distâncias não superiores a 3km (*dumpers* de grande capacidade);
- Terrenos difíceis (a caixa de velocidades e a sua robustez, tornam-no mais económico que o camião).

Os camiões fora-de-estrada são aplicados na área da obra e para grandes volumes (Spínola, 1999). Desenvolvidos especificamente para aplicações de mineração, pedreiras e construção, os camiões fora da estrada mantêm grande volume de material em movimento, pelo menor custo por tonelada (Caterpillar, 2014).

2.4.3. Evolução dos Camiões *Dumper*

Têm sido feitas, nos últimos 50 anos, muitas alterações a estes camiões. Alterações essas que tiveram um forte impacto na indústria extractiva. Nos anos 60, as cargas úteis tiveram incrementos na ordem dos 50%, de 60 para 90 toneladas. O desenvolvimento tecnológico considerado como o mais importante foi a propulsão por meio de electricidade, pela General Electric e a Unit Rig and Equipment Company. O maior desenvolvimento nos anos 70 foi a produção de um camião de 154 toneladas (Radowlski, 1988).

Nos anos 90, os maiores camiões encontravam-se aplicados em todas as zonas do mundo, sendo mesmo considerados os mais produtivos, eficientes e económicos, com a sua fiabilidade e facilidade de manutenção a ser comprovada ao longo do tempo de utilização (Kuhar, 2005).

Mais recentemente, verificam-se esforços para melhorar a eficiência dos camiões com influência directa na relação peso/potência, na motorização e utilização de combustíveis alternativos, condução autónoma e semi-autónoma por meio de sensores, controlo remoto e GPS. Todas estas melhorias têm como objectivo a optimização da sua utilização quanto à, segurança, aumento da produtividade e a minimização dos custos associados (Caterpillar Global Mining, 2010).

2.4.4. Evolução na Relação Peso/Potência.

A relação Peso/Potência tem sido melhorada sobretudo pelo aumento da potência nos motores existentes. Existem aplicações potenciais para motores *diesel* de alta velocidade, em regimes de rotação mais elevados, para competir com os pesados motores *diesel* que fazem actualmente velocidades inferiores. Outras melhorias estão a ser feitas como a utilização de indução forçada de geometria variável (turbinado) e alto débito de pressão nos recentes sistemas de injeção (Volvo Trucks, 2010).

2.4.4.1. Combustíveis Alternativos

A conversão de um motor *diesel* para um sistema duplo de gás natural/*diesel* tem como objectivo reduzir os custos operacionais do uso do camião. É esperado que a utilização de duplo combustível substitua quase 80% do consumo do *diesel* por gás natural, cujo custo se situa em cerca de metade do custo do *diesel*. O gás natural é utilizado normalmente nas rampas em auge para minimizar os problemas da conversão em operações de baixa carga (Radowski, 1988).

Para esta aplicação ser possível, é necessário resolver os seguintes problemas:

- É necessário desenvolver um *kit* de conversão que permita operar o motor quer a *diesel* quer a gás natural;
- Criar um local no camião para armazenamento do gás natural.

2.4.4.2. Aumento da Capacidade do Camião

Muitas empresas mineiras procuram camiões com maior capacidade, com vista a reduzir os custos de transporte de material (Radowski, 1988). Apesar de os camiões de maior capacidade apresentarem maiores custos de aquisição, a eficiência da operação, os custos da sua utilização e a disponibilidade de produção de pneus maiores, são factores que terão de ser tidos em conta no aumento da produtividade e redução de custos de operação (Mining Magazine, 2013).

O aumento da capacidade do camião permite minimizar o custo operacional de transporte, devido:

- Ao decréscimo do consumo de combustível, uso de pneus e lubrificantes, consequência de menos ciclos de trabalho;
- Ao decréscimo do número de manobreadores, pois a frota é mais reduzida;
- Os custos de reparação decrescem gradualmente, devido ao menor número de ciclos de trabalho efectuados, e da mais avançada tecnologia utilizada nestes camiões (adaptado de US Department of Energy, 2009).

2.4.4.3. Emissões Poluentes

A melhoria da tecnologia associada às emissões poluentes é um objectivo em que muitos fabricantes têm trabalhado para incorporar nos seus veículos ao longo dos últimos anos.

O “Tier 4i” é a actual Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) definida para motores *diesel* fora-de-estrada nos EUA, e a “Stage IIIB” é um conjunto equivalente de regulamentação para os Estados membros da União Europeia, enquanto a Lei de Protecção Ambiental do Canadá adoptou praticamente os mesmos requisitos os EUA.

Tanto o “Tier 4i” como o “Stage IIIB” exigem que os motores *diesel* fora-de-estrada reduzam os efeitos das emissões de gases no meio ambiente. Exigem também a redução de material particulado (MP) e óxidos de nitrogénio (NOx), bem como a regulação das emissões de hidrocarbonetos e monóxido de carbono. Mas motores mais limpos exigem, no entanto, mais manutenção e combustíveis de alta qualidade que não estão disponíveis em todas as regiões. Sendo necessário, em áreas onde as normas são mais restritas, equipamentos mais evoluídos.

Estas normas aplicam-se ao país onde será utilizado o motor, o “Stage IIIB” e o “Tier 4i” não são intercambiáveis, de modo que um motor que respeite a “Tier 4i” da EPA não pode ser utilizado na Europa. Por esta razão, a maioria dos fabricantes de camiões oferecem opções de motores diferentes dependendo do destino de cada camião e das exigências do mercado em questão (Mining Magazine, 2013).

2.4.4.4. Trolley Power Assist

O sistema *trolley assist* consiste numa linha eléctrica aérea, colector de corrente (pantógrafo) montado no camião, e equipamento de controlo. A energia eléctrica externa encontra-se ligada ao eixo motriz das rodas através do equipamento de controlo (Radowski, 1988). Os camiões são propulsionados pelo motor *diesel* na frente de trabalho e nas bancadas, em torno do britador e em segmentos de nível. A linha aérea fornece energia complementar, permitindo desse modo aumentar a velocidade do camião, reduzindo os custos de energia e espaçando intervalos entre as revisões de motor (Koellner, 2008).



Figura 5 – Camião Fora-de-Estrada com assistência eléctrica (Fonte: <http://www.womp-int.com/images/story/2011vol09/12a.jpg>, 2014).

Em plano inclinado, os motores eléctricos localizados nas rodas são ligados pelo colector de corrente à fonte de energia (cabos aéreos).

Os camiões híbridos (diesel/eléctricos) convencionais encontram-se equipados com dois motores DC (corrente contínua) montados no eixo traseiro. Estes accionam as rodas traseiras através de caixas de velocidade planetárias. Normalmente, é utilizado um motor diesel e um alternador para accionar os motores eléctricos, tendo o motor diesel menor potência que os eléctricos, o que limita as prestações do camião. Quando o sistema de assistência *trolley* é aplicado, a performance do camião é significativamente melhorada, podendo as velocidades serem aumentadas em 45% e o consumo de combustível reduzido em cerca de 75% (Radowski, 1988).

Actualmente, numa operação normal, 70 a 80% do consumo total de combustível ocorre nas subidas. Com este sistema, o motor *diesel* desce as rotações para valores muito baixos o que minimiza drasticamente o consumo de combustível. Como referido anteriormente, as revisões para manutenção são espaçadas, sendo estas efectuadas a todos os 2500 litros de combustível consumidos.

A redução de consumo de combustível assegura o prolongamento da vida útil do camião. Com o sistema de assistência *trolley*, as velocidades de subida podem ser aumentadas em 90%, o que significa tempos de ciclo mais curtos e uma produtividade maior. Explorações com extensas rampas e declives acentuados permitem um retorno do investimento em menos tempo.

Os camiões para mineração Hitachi ACII possuem unidades de tracção de corrente alternada (AC) que produzem mais binário a baixas velocidade e melhor desempenho global do que o verificado nos sistemas de corrente contínua (DC). Muito parecido com os antigos camiões híbridos, o motor

diesel do camião é alimentado por um alternador AC. A corrente contínua, DC, a partir deste alternador, é transformada por um inversor de frequência variável AC para abastecer os dois motores AC instalados no eixo traseiro do camião.

O sistema de assistência *trolley*, do motor diesel e do alternador, fornece mais energia DC directamente ao inversor do que é possível a partir do motor isoladamente (American's Mines & Quarries, 2010).

Já nos anos 80, este sistema era usado em 3 minas Sul-Africanas, Phalaborwa Mining Co., ISCOR Sishen e Rossing Uranium. A mina de Sishen, dos 60 milhões de toneladas produzidas anualmente, estima poupanças na ordem dos 20% em combustível e aumento da duração da vida útil do motor *diesel* em 45%. Sendo que a velocidade de transporte em inclinações de 8% foi aumentada em 46% quando combinada com o sistema de assistência *trolley*. A empresa Siemens instalava o sistema utilizado em Rossing por 540 mil €, com um rectificador de 3 MW para converter o fornecimento de 11 kV AC para 1200 V DC e ainda um novo sistema de cabo aéreo de 1km que continha fio de contacto duplo apoiado por estruturas de aço. Foram verificadas reduções de consumo de combustível, de 24l/km para 4l/km, quando os camiões funcionavam com a corrente de 1200 V DC numa subida de 8% e 1050 V DC em rampas de 10%. As velocidades obtidas eram praticamente o dobro resultando numa maior produtividade e utilização da frota (S.A. Mining World, 1987).

Actualmente, conclui-se que o período de retorno num sistema deste tipo é atractivo, as poupanças operacionais em grandes frotas são significativas, existindo economias adicionais. As poupanças são maiores para camiões de pequena capacidade, mas serão necessários mais camiões para obter a mesma produção. Já o custo total por tonelada decresce para camiões de maior capacidade. As contribuições fiscais são significativas. Verificaram-se, também, benefícios comprovados em estudos anteriores como a reduzida manutenção, tempos mais rápidos de ciclo, consumo de combustível mais reduzido e maior produtividade. Esta tecnologia de transporte é bastante subaproveitada (Thorun, 2011).

O sistema de assistência *trolley* é uma tentativa bastante promissora para minimizar os custos operacionais e aumentar a produtividade (Figuras 5 e 6). No entanto, o investimento neste sistema é muito elevado, e a sua aplicação apenas é rentável quando o custo de combustível é bastante mais alto que o custo de energia eléctrica. Verifica-se ainda que reduz a flexibilidade da operação apesar de favorecer o tráfego. A distância entre o camião e o cabo *trolley* é fundamental e o pantógrafo apenas permite variações de 0,3 m. A catenária depois perde o contacto e o camião perde a potência, o que abrandando o camião e atrasa todos os camiões seguintes no

caminho de acesso. Condições climatéricas de chuva intensa e queda de geada testadas nas Minas do Canadá Ocidentais não permitem o controlo dessa distância, a menos que a estrada de transporte seja pavimentada. Estes factores contribuíram para que este sistema não tenha sido adoptado por nenhuma das empresas da indústria extractiva do Canadá Ocidental (Radowski, 1988).



Figura 6 – Sistema de assistência trolley (Fonte: <http://krisdeder.typepad.com/.a/6a00e0099229e88833011571d40606970b-pi>, 2014).

2.4.4.5. Controlo Automático do Camião e Condução Autónoma

O uso da autonomia parcial ou total em transporte oferece muitos benefícios, especialmente na melhoria da segurança do operador, aumentando a produção e minimizando o tempo de espera e de manutenção (Figura 7). Esta autonomia também permite que certas funções do camião possam ser controladas remotamente, o que representa um benefício enorme, considerando a actual escassez de competências neste sector da indústria. No entanto, o valor de automatização está dependente da aplicação e dos factores económicos específicos para um local. Certas escavações e regiões serão capazes de alcançar mais valor do que outras e, portanto, estão-se a tornar os primeiros a adoptar esta tecnologia (Mining Magazine, 2013).



Figura 7 – condução autónoma de camiões *Dumper* (Fonte: <http://www.komatsu.co.nz/AboutKomatsu/NewsAndPublications/News/Article%20Images/2012/Autonomous%20Trucks.jpg>, 2014)

É necessário estudar vários parâmetros e considerar vários factores como tempos de atraso, características da manutenção, velocidade, consumo de combustível, travagem e zonas de abrandamento, aceleração e zonas de aceleração, características do trajecto, condições meteorológicas, parâmetros da frota de equipamentos (factor de enchimento do balde, entre outros) e o comportamento dos diferentes operadores que apresentam diferentes paragens e atrasos para este sistema funcionar em pleno e com a eficácia exigida.

Estes novos sistemas encontram-se ainda em estudo, apesar de serem actualmente utilizados em grandes Grupos como Rio Tinto e BHP Billiton. Uma análise prévia permite demonstrar uma melhoria de 14,4% na produtividade, 12,9% de redução do consumo de combustível e 7,2% de redução de desgaste dos pneus (Parreira & Meech, 2012).

Adicionalmente, a utilização da Pá Carregadora iria ser melhorada devido à continuidade do trabalho nas mudanças de turno, tempo de almoço e outras paragens exigidas pelos manobreadores. A aplicação deste sistema pode também trazer benefícios quanto à segurança da operação, pela minimização do erro humano e da sua exposição a equipamentos de grandes dimensões (Figura 8) (Radowlski, 1988).

O grupo Anglo-Australiano Rio Tinto, um dos maiores grupos mineiros em todo o planeta, já movimentou mais de 100 milhões de toneladas, no período compreendido entre Dezembro de

2008 a Março de 2013, com recurso a condução autónoma. Uma frota de 19 camiões *Dumper* Komatsu 930E, com capacidade útil de 290 toneladas, a operar em 2 minas atingiram este número.

A empresa destaca melhorias na produtividade e na segurança e espera em 2014 operar com 40 camiões em três das suas minas (<http://www.miningaustralia.com.au/news/rio-s-driverless-trucks-move-100-million-tonnes>, Dezembro de 2013).

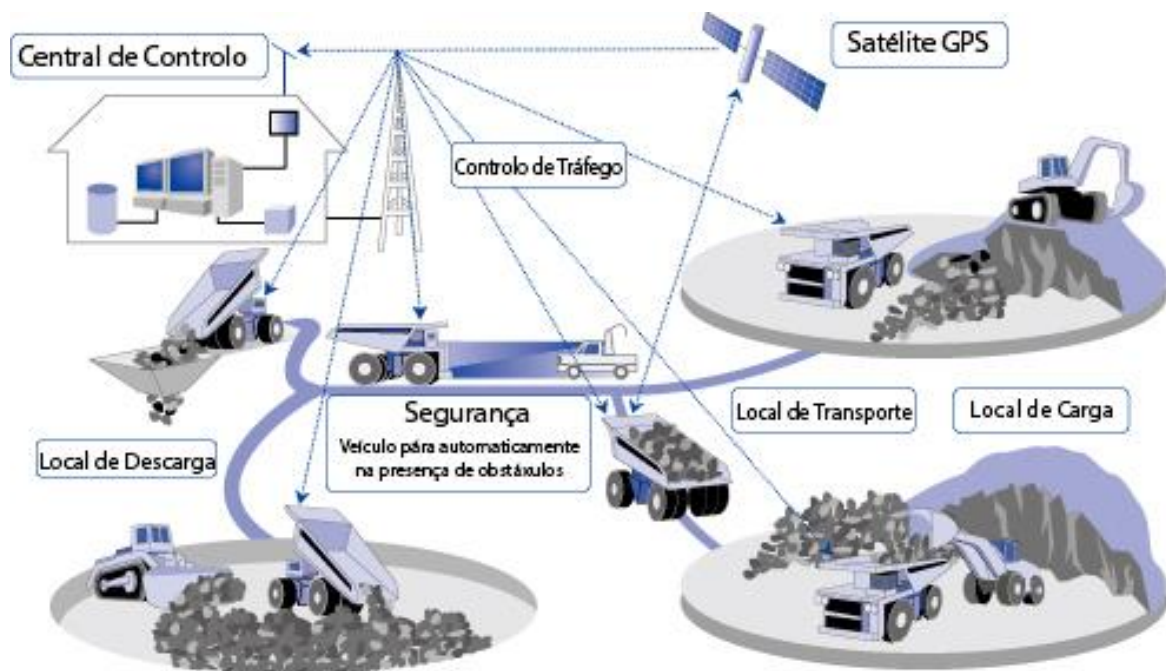


Figura 8 – Controlo de tráfego autónomo (adaptado de: http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/product_supports/images/illust_dump.jpg, 2014).

2.5. Correias Transportadoras

Existem diferentes tipos de correias transportadoras que devem ser consideradas quando se dimensiona a instalação de um sistema deste tipo (por correias) para uma instalação específica. Estes sistemas tendem a ser:

- Correias transportadoras apoiadas em estações de roletes;
- Correias transportadoras apoiadas em cabos-guia;
- Correias transportadoras de alta inclinação (Hartman, 1992).

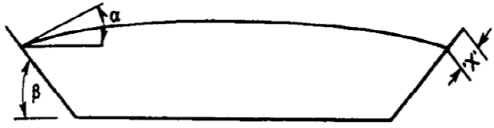
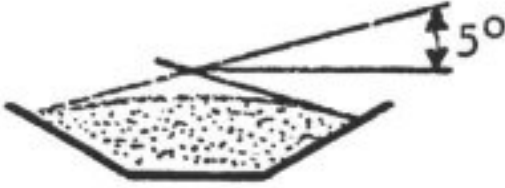
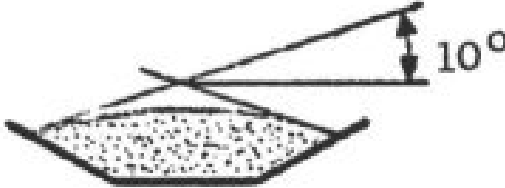
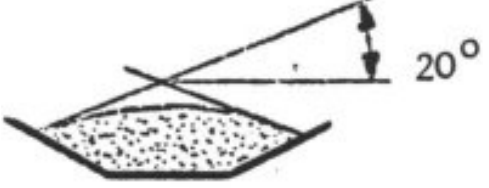
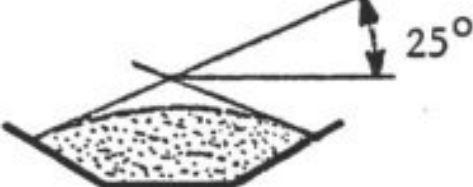
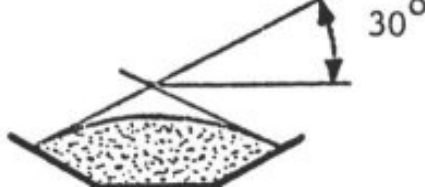


Figura 9 – Tipos de correias transportadoras (a – apoiadas em estações de roletes; b – apoiadas em cabos-guia; c – de alta inclinação) (Hartman, 2014).

As propriedades e as características dos materiais a serem transportados têm uma grande influência no dimensionamento deste sistema de transporte. Para perceber melhor os problemas associados a este tipo de correias de transporte, é necessário analisar as seguintes propriedades:

- O ângulo de repouso do material, é o ângulo que a superfície da pilha formada pela descarga faz com a horizontal;
- O ângulo de carga do material, é o ângulo que a superfície do material em repouso faz com a horizontal durante o transporte. Este ângulo é normalmente 5 a 15° inferior ao ângulo de repouso;
- A fluidez do material, medida pelo seu ângulo de repouso e ângulo de masseira, determina a secção transversal da carga de material que pode ser transportada com segurança numa correia transportadora. É também um índice de segurança do ângulo de inclinação que pode ser feito pela correia.

Tabela 5 - Fluidez dos materiais (adaptado de Fernandes, 2010 e http://www.ckit.co.za/secure/misc/trajectories_flow.html, 2014).

	α – Ângulo de carga β – Ângulo de masseira X – dimensão da protecção da correia	
Representação	Classe	Aplicabilidade de materiais
	Classe 1: Ângulo de carga: 5° Ângulo de repouso: 0-20° Fluidez: Muito boa	Partículas muito pequenas, arredondadas, muito húmidas ou muito secas, tais como a areia seca de sílica, cimento, betão húmido.
	Classe 2: Ângulo de carga: 10° Ângulo de repouso: 20-30° Fluidez: Boa	Partículas secas polidas e arredondadas de média densidade, como grãos integrais, feijão, sal, açúcar.
	Classe 3: Ângulo de carga: 20° Ângulo de repouso: 30-35° Fluidez: Média	Materiais irregulares, granulares ou fragmentados de média densidade, como carvão antracite, argila.
	Classe 3: Ângulo de carga: 25° Ângulo de repouso: 35-40° Fluidez: Média	Materiais comuns, como o carvão betuminoso, pedra, rocha, a maioria dos minérios.
	Classe 4: Ângulo de carga: 30° Ângulo de repouso: - de 40° Fluidez: Lenta	Materiais Irregulares, fibrosos, materiais interligados, tais como cavacos de madeira, terra molhada, areia de fundição temperada

As propriedades acima referidas são determinadas pelas características do material como a sua densidade empolada, dimensão máxima, teor de humidade, abrasividade, viscosidade, temperatura e a sua corrosividade (Radowlski, 1988).

Os componentes básicos das correias de transporte são a própria correia, a armadura, as polias ou tambores da cabeça e da cauda, estações ou roletes de transporte ou retorno, unidades de accionamento, conjuntos de alimentação e descarga (Figura 10), dispositivos de segurança e acessórios, nomeadamente os dispositivos de limpeza (raspadores e escovas), sistema de contra-recuo, sistema de protecção contra esmagamento, capas anti-poeira, sistemas de vedação e de auto-alinhamento de retorno (Radowlski, 1988).

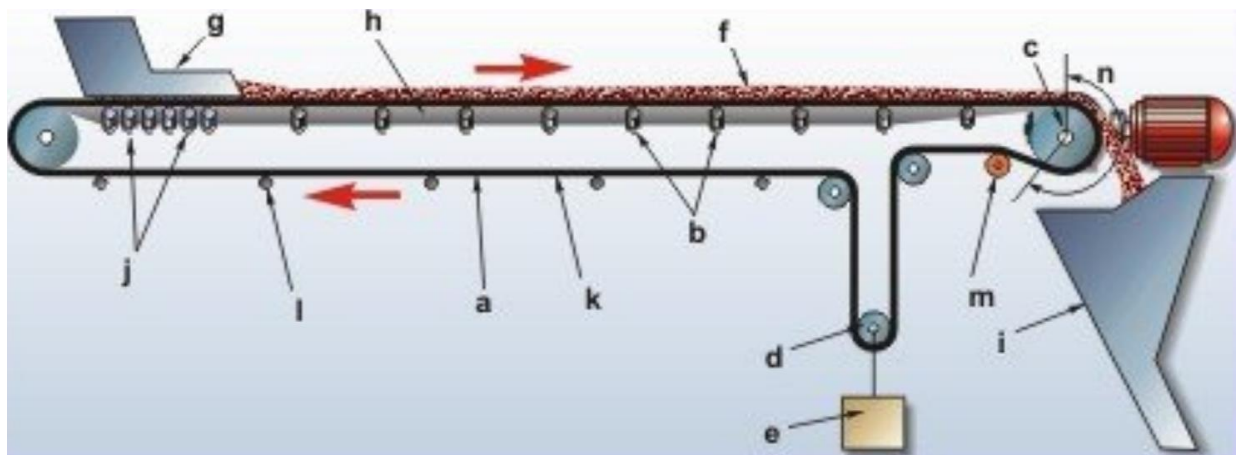


Figura 10 – Imagem representativa das dos componentes de uma correia de transporte: a) correia de transporte; b) roletes de carga; c) polia da cabeça; d) polia deslizante; e) Unidade de tomada; f) material a transportar; g) caleiro para carga; h) trajecto de carga; i) caleiro para descarga; j) roletes de impacto; k) trajecto de retorno; l) roletes de retorno; m) polia de retorno; n) ângulo de viragem (Fonte: http://www.ckit.co.za/secure/conveyor/troughed/beginners-guide/beginners_basics_functional.htm, 2014).

2.5.1. Correias de Transporte apoiadas em Estações de Roletes

O transportador denominado transportador de correia ou tela transportadora é, no caso mais geral, um equipamento destinado a executar o transporte horizontal de material, ou com uma inclinação máxima de 15° com a horizontal, vencendo grandes distâncias sem ocasionar danos mecânicos ao material transportado. É composto basicamente por uma correia sem-fim que se apoia sobre roletes, que se fixam em cavaletes duplos ou triplos e que dão uma forma de calha ao lado superior da correia. A correia sem-fim, desloca-se entre dois tambores, um de mando (na cabeça) e outro de tensionamento (na cauda). A parte de retorno da correia sem-fim apoia-se sobre os roletes de retorno que são geralmente rectos e que se fixam nas longarinas da estrutura/armadura (Milman, 2002).



Figura 11 – Correias de Transporte apoiadas em estações de roletes (Fonte: <http://www.bulksolids.com.au/Images/Conveyor.jpg>, 2014).

2.5.1.1. Correia

Uma correia transportadora constitui a parte principal deste sistema de transporte, pois encontra-se em contacto com o material transportado e a sua escolha baseia-se nas características do material transportado, nas condições de serviço, na largura e tensão máxima (determinadas por cálculo), no tempo de percurso completo e na temperatura do material (Arndt, 2012).

Uma correia de transporte consiste basicamente em três elementos: revestimento superior, carcaça e revestimento inferior. O principal propósito do revestimento é proteger a carcaça da

correia contra danos (Radowlski, 1988) e contra o ataque do material transportado (Arndt, 2012). Estes revestimentos são fabricados a partir de borracha natural e elastómeros (Radowlski, 1988) e podem ser lisos (no caso de transporte do material em plano horizontal ou inclinado, desde que não ultrapasse o ângulo recomendado pelos fabricantes) ou canelados/nervurados (utilizados no transporte de material com inclinações até 45°) (adaptado de Arndt, 2012).

A carcaça da correia suporta as forças de tensão quando uma correia transportadora começa a operar, absorve a energia do impacto durante o carregamento, e proporciona a estabilidade necessária para o alinhamento adequado e suporte da carga sobre os roletes (Radowlski, 1988).

A carcaça é o elemento de força da correia, pois dela depende a resistência para suportar a carga, a resistência para suportar as tensões e flexões e toda a dureza a que é submetida a correia na movimentação da carga. As fibras têxteis são os elementos mais utilizados para fabrico dos tecidos integrantes das carcaças, porém estas também podem ser construídas por cabos de aço (Arndt, 2012).

As carcaças de alta tensão usam uma única camada de cabos de aço. Os cabos de aço são do comprimento da correia e são mantidos no lugar pela borracha (Radowlski, 1988).

A largura da correia deve ser escolhida por forma a evitar o derrame enquanto o material é depositado e transportado.

Em correias de transporte utilizadas para minério bruto, é desejável manter a carga transversal inferior a 80% das normas da Associação de Fabricantes de Equipamento de Correias Transportadoras.

Isto significa que o fluxo de carga e a tonelagem máxima será de 65 a 70% e 85%, respectivamente, tendo em conta o valor estipulado nas normas. A velocidade máxima da correia deve ser 4 a 5 m/s para evitar despejo de material (CEMA) (Ferne, 1985).

2.5.1.2. Tambores

Os tambores são elementos para transmissão de potência, dobras, desvios e retorno da correia (Faço, 2014). Existem tambores de vários tamanhos e texturas, mas estes devem ser mais largos do que a largura da correia.

Os tambores são construídos normalmente em aço (Arndt, 2012), equipados com cubos e rolamentos selados (Radowlski, 1988) e têm como principal função traccionar a correia para o funcionamento do transportador, sendo neste caso, papel exercido pelo tambor motriz, onde está acoplada a motorização (Arndt, 2012).

Num transportador podemos ter os seguintes tipos de tambores (Faço, 2014):

- Accionamento – utilizado na transmissão de torque, pode estar localizado na cabeceira, no centro ou no retorno;
- Retorno – efectua o retorno da correia à sua posição inicial e em alguns transportadores de correia são responsáveis pelo tensionamento da correia, estando localizado na extremidade oposta ao terminal de descarga;
- Esticador – utilizado para manter a tensão ideal para o funcionamento do transportador;
- Dobra – utilizado para desviar o curso da correia;
- Aletado – este tipo de tambor tem uma configuração especial, de modo a não permitir que o material transportado ao cair no lado do retorno, seja pressionado contra a correia, danificando-a. Pode ser aplicado como tambor de retorno ou de esticamento nos esticadores automáticos verticais;
- Magnético – Este tambor é aplicado nos transportadores, comumente localizados no terminal de descarga, e a sua função é separar elementos magnéticos do material transportado;
- Encosto – utilizado para aumentar o ângulo de contacto com o tambor de accionamento (Arndt, 2012).

De acordo com a sua montagem, os tambores (Figura 12) podem-se apresentar como lisos ou revestidos em três formas diferentes:

- Planos – utilizados para aplicações em geral;
- Abaulados – utilizados onde seja necessário melhorar o alinhamento da correia;
- Nervurados – utilizados para o transporte de materiais muito abrasivos ou granulados, que podem aderir à correia.



Figura 12 – Tipos de tambores: a) Com tira anti-derrapante; b) com barras anti-deslizantes; c) revestido (Fonte: <http://www.fornecedoramasquinas.com.br/index.php/rental/itemlist/user/62-administrator?start=1450>, 2014).

Para o seu dimensionamento são consideradas a largura e as tensões da correia e cada componente que constitui a estrutura do tambor possui o seu próprio cálculo de dimensionamento.

A Figura 13 apresenta as inclinações aconselhadas para os roletes na distância de transição.

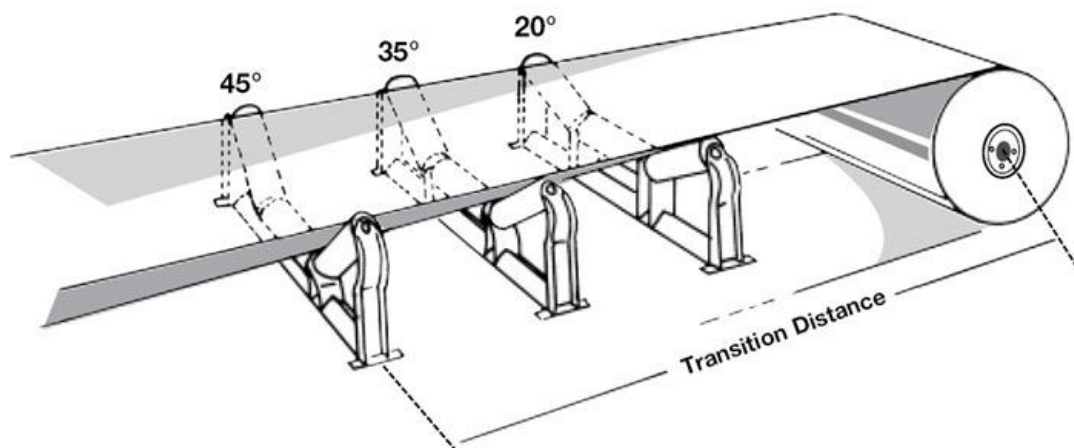


Figura 13 – Inclinações aconselhadas para os roletes na distância de transição (Fonte: <http://www.mechanicalengineeringblog.com/wp-content/uploads/2011/07/01-transition-distance-troughed-belt-conveyor-belt-conveyor-technology-belt-conveyor-take-up-bel.jpg>, 2014)

2.5.1.3. Estações


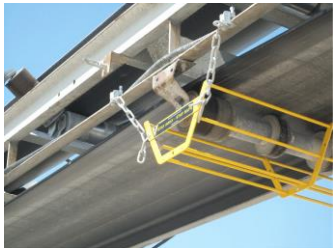

A Estação é um conjunto de rolos, geralmente cilíndricos, e respectivo suporte. Os rolos efectuem rotação livre em torno do seu eixo, e são usados para suportar e/ou guiar a correia transportadora (Faço, 2014). Um sistema de estação típico consiste em três rolos, em que um é colocado horizontalmente no centro e os outros dois estão dos lados em ângulos opostos (Figura 14) (Radowski, 1988).



Figura 14 – Roletes e respectiva estrutura de suporte (Fonte: <http://www.toptecheng.net/Roller/Carrying%20Roller.jpg>, 2014).

As Estações podem ser montadas quer com um único rolo, quer com rolos múltiplos, e são encontrados nos tipos descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Tipos de roletes (Arndt, 2012).

Tipo de Roleta	Descrição	Imagem Representativa
Roletes de impacto	Roletes localizados no ponto de descarga do material sobre o transportador, destinando-se a suportar o impacto deste material sobre a correia. São constituídos por vários anéis de borracha montados sobre um tubo de aço e são montados com pequeno afastamento entre os rolos.	
Roletes de carga	Estes roletes, geralmente, estão localizados no lado superior do transportador e a sua função é suportar a correia transportadora, bem como a carga que está a ser movimentada por ela. Os roletes de carga podem ter as seguintes configurações: planos, duplos, triplos, em catenária com 3 ou 5 rolos ou espiralados. Os roletes duplos, triplos e em catenária têm maior capacidade de carga que o plano, devido ao acamamento que proporcionam à correia.	
Roletes de retorno	Roletes no qual se apoia o trecho de retorno da correia. Possui a montagem com maior espaçamento entre si. São constituídos por anéis de borracha separados por distanciadores e montados sobre um tubo de aço.	
Roletes auto-alinhantes (carga e retorno)	Conjunto de rolos dotado de mecanismo giratório accionado pela correia transportadora de modo a controlar o deslocamento lateral da mesma. Utilizados tanto no trecho carregado como no de retorno. Este tipo de rolete pode possuir dois braços laterais que avançam paralelamente à correia, porém, em sentidos opostos ao seu movimento. Na extremidade desses braços são colocados rolos que fazem 90° com a correia. Se por qualquer motivo a correia se tenha desalinhado, a sua borda tocará no rolo vertical, provocando um movimento giratório do conjunto, formando um certo ângulo em relação à correia. Esse desvio angular cria uma força que obriga a correia a procurar o seu centro original, restituindo assim o alinhamento.	

Roletes de transição	Estes roletes têm por finalidade acompanhar gradualmente a mudança de concavidade da correia ao aproximar-se dos tambores de descarga ou na saída do tambor de retorno. Em geral, estes roletes são providos de rolos laterais reguláveis que proporcionam à correia uma mudança entre planos suave e sem desequilíbrio de tensões.	
Rolete de retorno com anéis	Tipos de roletes de retorno onde os rolos são constituídos por anéis de borracha, de modo a evitar o acúmulo de material no rolete e a promover o desprendimento do material aderido à correia.	
Rolete em espiral	Tipo de rolete de retorno onde o rolo tem forma de espiral, destinado a promover o desprendimento do material aderido à correia.	
Rolete em catenária	Conjunto de rolos suspensos dotados de interligações articulados entre si permitindo o deslocamento longitudinal ou transversal ao transportador e adaptando-se ao formato da correia.	
Roletes guias	Estes rolos dispostos verticalmente em relação às bordas da correia são fixos e a sua função é guiar a correia, principalmente na entrada dos tambores, evitando que a mesma seja arremessada contra a estrutura. Este tipo de rolo só deve ser usado em última instância, pois provoca uma autodestruição das bordas da correia e consequente cisalhamento das lonas da carcaça.	

As estações de rolos podem ser o segundo ou terceiro maior investimento realizado num sistema de transporte por correia (Radowski, 1988).

Os ângulos de massa podem variar entre 5° e 45°, dependendo do ângulo de carga e o tipo de material a ser transportado. Na América do Norte, é aplicado um ângulo de 35° para o manuseio de minério em bruto.

As estações intermédias são habituais no sistema de correias transportadoras convencionais. Tratam-se de estações equipadas lateralmente com rolos amortecedores verticais, que mantêm a correia alinhada.

O espaçamento entre estações é função do tipo de unidade. Normalmente, as unidades de impacto têm um menor espaçamento, já as unidades de retorno são mais espaçadas. O espaçamento das unidades de transporte limita a inclinação das telas.

O sistema de estações suspenso (do tipo catenária) (*garland*), muito popular na Europa, é usado em transportadores terrestres extensos, mas os tramos com inclinações acima de 20% provocam o desalinhamento da correia e o desgaste excessivo, porque as estações têm tendência a mudar a sua posição com frequência. É uma estação de rolamentos, sem lubrificação constituída por três ou cinco perfis de rolo. A estação suspensa é tolerante tanto ao mau alinhamento como aos aglomerados por causa das conexões flexíveis entre estações. Este sistema pode ser fornecido com um tipo de montagem de libertação rápida, o qual permite que a totalidade da estação possa ser substituída, enquanto o transportador está em funcionamento.

2.5.1.4. Unidade de accionamento

A unidade de accionamento é composta por um motor eléctrico e um sistema de transmissão (reductor de velocidade) (Radowski, 1988). A Figura 15 demonstra dois tipos de redutores.

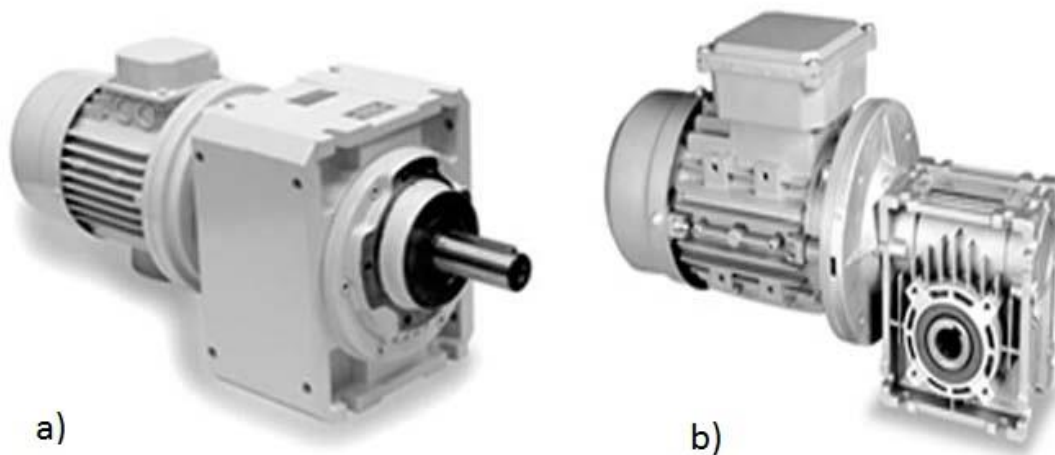


Figura 15 – Tipos de redutores: (a) de parafuso sem fim/roda de coroa; b) de engrenagens) (Fonte: <http://www.dima-equipamentos.pt/acessorios/redutores>, 2014).

Acoplado ao(s) tambor(es) motriz(es), as unidades de accionamento têm a função de promover a movimentação do transportador e controlar a sua velocidade de trabalho.

Estas unidades são constituídas por um motor eléctrico, acoplamentos hidráulicos (para potências superiores a 75CV), tambores, dispositivos de segurança e uma transmissão (reductora) e são projectados de acordo com o tipo de transporte e a potência transmitida.

Podem ser instalados em três posições: na cabeceira do transportador, no centro e no retorno. Para o seu dimensionamento devem ser analisados o perfil do transportador, o espaço disponível para sua instalação e operação, a potência transmitida, o sentido da correia e as tensões que nela actuam (Arndt, 2012).

As reductoras em *tandem* mais comuns para correias transportadoras extensas e de elevada capacidade são constituídas por duas polias na cabeça. Cada polia é alimentada por um ou dois motores. Assim, reduzem as tensões da correia e a possibilidade de um deslizamento da mesma. Deve ser dada atenção à sincronização electrónica das reductoras para evitar danos no sistema.

É muito importante controlar o binário do motor aplicado à correia no início do transporte. Um binário excessivo afecta negativamente a estabilidade do material numa correia inclinada, a própria correia, as peças mecânicas e o motor. O rotor bobinado e o acoplamento em banho de óleo são dois dos sistemas mais utilizados para obter um arranque suave em transportadores longos.

Os motores de rotor bobinados garantem uma aceleração multiestágio que impede o sobre-tensionamento de uma correia carregada quando se inicia o transporte (Radowski, 1988).

2.5.1.5. Conjunto de Alimentação

Os conjuntos de alimentação são utilizados como elementos de ligação nos sistemas integrados de transportadores contínuos para facilitar a descarga de material de um transportador para outros equipamentos, como britadores, peneiras ou outros transportadores. Estas bicas de descarga são construídas em chapa de aço e aparafusadas na estrutura da cabeceira do transportador. Podem ser encontrados com várias configurações e para instalações mais simplificadas podem ser utilizadas calhas para transferência de material entre os transportadores.

Os alimentadores são dispositivos responsáveis por regular a distribuição de material em toda extensão da correia, já que em transportadores de correia com fluxo irregular de carga ocorre, por vezes, falta de material em determinados sectores da correia, enquanto em outros sectores existe sobrecarga, provocando assim queda de produto da correia o que influencia negativamente na capacidade projectada do equipamento.

2.5.1.6. Conjunto de descarga e stockagem

O meio mais comum de descarga do material da correia é feito através do tambor de cabeça, derrubando e empilhando o material num local pré-determinado. Porém, se no terminal de descarga for instalado um caleiro adequado, o material poderá ser armazenado em silos laterais ao sistema ou então ser transferido para outra correia, a fim de ser depositado noutra área.

Quando o projecto visa descarregar o material em diversos locais ao longo do sistema transportador, é recomendável o uso de *trippers* ou desviadores.

Apresenta-se, na Tabela 7, os diferentes tipos de conjuntos de descarga.

Tabela 7 – Diferentes tipos de descarga (Arndt, 2012).

Conjunto de descarga	Descrição		Imagem Representativa
Desviadores simples	São fabricados com chapas ou barras em formatos variados (normais ou em “V”) e que actuam sobre a correia provocando a saída lateral de todo o material transportado ou de apenas uma parte dele. Podem ser fixos na estrutura do transportador ou montados em dispositivos giratórios, dando uma característica retráctil ao desviador.		
Cascata	Estrutura de descarga usada em pilhas de <i>stockagem</i> ou em transferência com altura elevada, onde se deseja minimizar o impacto e consequente quebra do material ou segregação de partículas.		
<i>Tripper</i>	São conjuntos móveis usados em qualquer ponto intermediário dos transportadores, geralmente montados em trilhos. São utilizados onde os pontos de descarga do material transportado estão separados e o movimento entre estes pontos seja necessário, ou em casos onde a descarga do material deve ser feita continuamente ao longo do transportador. Podem ser manuais ou motorizados.	Manual – utilizado para pequenas descargas e em alturas baixas, desloca-se sobre o transportador através de manivelas e a sua construção é bastante simplificada.	
		Motorizado – <i>tripper</i> de maior porte que trabalha de maneira automatizada, em descargas de alta capacidade. Podem ser controlados remotamente e possuem dispositivos de segurança (chaves fim-de-curso) e paragem (freios).	

Quando estudamos um problema de movimentação, estudamos também a questão do armazenamento dos materiais, pois não existe um sem o outro.

As formas mais habituais de armazenamento dos materiais, nos sistemas de movimentação, são as pilhas a céu aberto, as bacias de armazenamento e os silos, podendo estes ser de superfície ou subterrâneos.

Uma parte fundamental de muitas instalações onde ocorre o transporte de materiais é a zona de *stockagem*. A referida zona é constituída pelas pilhas de material e pelos equipamentos necessários à respectiva movimentação: transportadores de correia, empilhadoras e recuperadoras.

As empilhadoras (*stackers*) servem para formação das pilhas de *stockagem*. Operam fazendo a distribuição do material recebido dos transportadores de correia através de *trippers* neles instalados e acoplados às empilhadoras.

Para a correcta análise do armazenamento dos materiais deverão ser considerados os diversos tipos de empilhadoras e recuperadoras para integrar os diversos equipamentos, inclusive para actividades portuárias, onde são utilizados os carregadores de navio (*shiploader*) e os descarregadores (*shipunloader*).

As recuperadoras (*reclaimers*) servem para recuperação do material de *stock*. Operam recolhendo o material das pilhas e alimentando os transportadores de correia que o levam ao seu destino.

2.5.1.7. Dispositivos de Segurança

Os transportadores de correia são equipamentos com muitos componentes rotativos e móveis, que na maioria das vezes estão expostos ao contacto humano, exigindo assim uma atenção especial, sendo imprescindível que existam dispositivos de bloqueio da alimentação eléctrica, que impossibilitem o accionamento do equipamento em situações de manutenção ou descuido por parte dos operadores (Metso, 2009), designadamente:

- Contra-recuo – aplicado em transportadores inclinados para evitar o retorno da correia carregada quando esta for desligada (Figura 16);
- Freios – empregues para diminuir o tempo de paragem e impedir o movimento da correia após o motor ser desligado. São utilizados principalmente em transportadores em aclave, para controlar a aceleração e a velocidade da correia durante a partida e o transporte, nas instalações onde existem transportadores em sequência para não sobrecarregar as tremonhas, e em casos de emergência.



Figura 16 – Sistema de contra-recuo (Fonte: <http://www.b2babimaq.com.br/imgsist/anuncios/22720101528241.jpg>, 2014).

Acessórios

As correias transportadoras podem ser equipadas com diversos acessórios conforme o tipo de serviço a que se destinam, sendo que alguns são fornecidos como parte integrante das correias transportadoras (Faço, 2014):

- Tremonha de carga – de construção super-reforçada, garante uma distribuição perfeita, ao mesmo tempo que evita qualquer escape do material, diminuindo o desgaste da correia. É fornecida como parte integrante das correias transportadoras;
- Tremonha Central – é destinada ao carregamento em qualquer ponto do transportador. A vedação é garantida por lâminas de borracha ajustáveis;
- Guias Laterais – empregue principalmente nos pontos de carga de transportadores de correia, nos casos onde há vibração e onde existe tendência do material derramar da correia, imprimem direcção ao material, aumentam a capacidade de transporte, reduzem acidentes e aumentam a vida útil dos roletes de carga;
- Coberturas – Podem ser superiores ou inferiores. A cobertura superior que se encontra em contacto com o material, é geralmente mais espessa do que a cobertura inferior (para minério bruto, são de 14 e 6 mm, respectivamente) (Radowski, 1988). As coberturas superiores aplicam-se em transportadores para protecção do material transportado contra a chuva e o vento (intempéries), protegendo também as correias evitando o ressecamento pela acção do sol (Figura 17). A cobertura inferior são chapas de protecção colocadas no retorno da correia para evitar que materiais da parte superior caiam no lado limpo da correia, danificando os tambores e a própria correia (Faço, 2014). As coberturas mais utilizadas em sistemas de transporte por correia variam desde sistemas do tipo ecrã a estruturas de betão completamente isoladas. O tipo de cobertura depende do clima e do tipo de material movimentado (Radowski, 1988).
- Passadiço – elemento de grande utilidade que facilita extraordinariamente a operação de manutenção das correias transportadoras. São constituídos de cantoneiras fixadas à estrutura por grampos e colocados a 1,5m de distância entre si. Este tipo de fixação permite a colocação em qualquer ponto da estrutura, não havendo necessidade de furação;
- Equipamentos para limpeza da correia – são equipamentos indispensáveis em todos os transportadores, principalmente quando se manuseia cargas abrasivas ou pegajosas, aumentando a vida útil da correia e tambores. Os dispositivos mais aplicados podem ser:

- Raspadores – utilizados em contacto com o lado sujo da correia, após o tambor de descarga, fazendo com que o material raspado caia na calha de descarga, evitando danos aos tambores de desvio e aos roletes de retorno. Os mais usados são de lâminas simples ou múltiplas (Figura 18);
- Limpadores – aplicados em contacto com o lado limpo da correia antes dos tambores de esticamento e de retorno, para evitar que o material caia entre a correia e o tambor e o lado limpo da correia, danificando estes elementos. São constituídos por uma estrutura de aço, em forma de V ou recta, com lâmina de borracha adaptada, articulada nas extremidades e agindo na correia pela acção do próprio peso (Figura 19);
- Limpador de jacto de água – usado no trecho de retorno da correia em contacto com o seu lado sujo, para eliminar as partículas de material aderidas através da aplicação de jactos em forma de cortina de água;
- Virador de correia – este método faz com que o lado sujo da correia não entre em contacto com os roletes de retorno. É usado onde os sistemas tradicionais de limpeza de correia não são eficientes, pois dispensa os demais dispositivos de limpeza. Através do uso de tambores de giro provoca-se uma rotação de 180° na correia, após passar pelo tambor da cabeceira e próximo ao tambor de retorno é rodada novamente a 180°, voltando à posição inicial;
- Detector de metais – evita a entrada de corpos metálicos nos britadores. O detector poderá fazer soar um alarme e parar a correia na presença de materiais indesejáveis;
- Balança – é empregue quando há necessidade do controlo rigoroso de fluxo, como em processos de tratamento de minério, centrais de betão e fábricas de cimento. Pode ser conectada por cabos a uma central, onde se pode observar instantaneamente as quantidades envolvidas no processo;
- Os esticadores de correia tem como principal função garantir a tensão conveniente para o accionamento da correia e, além disso, absorver as variações no comprimento da correia causadas pelas mudanças de temperatura, oscilações de carga, tempo de trabalho, entre outros (Arndt, 2012).

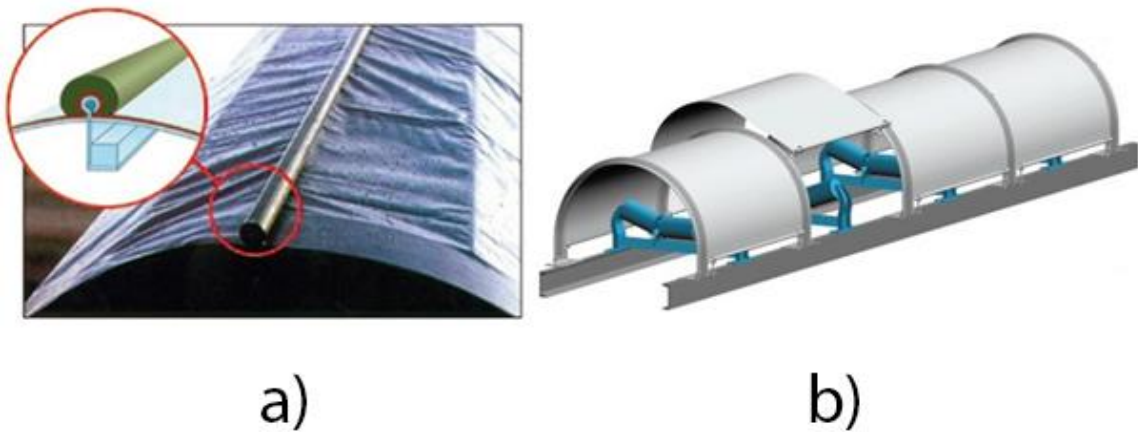
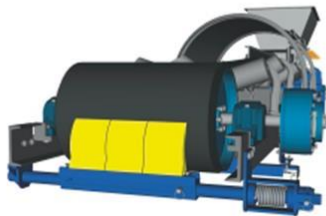


Figura 17 – Coberturas superiores de telas existentes: a) Capa anti-poeira; b) Vedação (Fonte: <http://forum.bulk-online.com/attachment.php?attachmentid=1476&d=1107198901>, 2014).

Raspador primário



Raspador secundário



Raspadores de braço



Figura 18 – Tipos de raspadores (Fonte: <http://www.fornecedoramaquinas.com.br>, 2014).

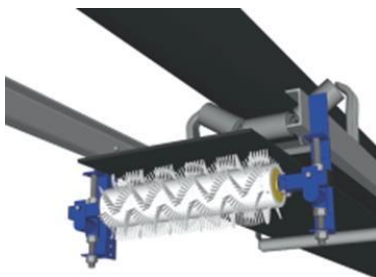


Figura 19 – Limpador do tipo escova (Fonte: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/17B55E35EBB196AB42256AFD002EAC1B/\\$File/Metso%20Bandskrapa%20PT.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/17B55E35EBB196AB42256AFD002EAC1B/$File/Metso%20Bandskrapa%20PT.pdf), 2014).

Uma grande variedade de dispositivos de alarme e detecção estão também disponíveis no mercado, como detectores de quebra, detectores de fim de curso, detectores de punção, detectores de sobrecarga, vários tipos de equipamentos de pesagem e amostragem aleatória.

Os transportadores de longa distância estão equipados com dispositivos de segurança que permitem que o transportador possa ser interrompido em caso de emergência. Os sistemas mais

comuns são interruptores de emergência por cabo. Em caso de falha de energia, o transportador é imediatamente bloqueado pelo sistema de travagem.

2.5.2. Correia transportadora apoiada em cabos-guia

A correia transportadora suportada por cabos-guia separa as funções de transporte e accionamento. No sistema, as tensões de transporte são transmitidas através de dois cabos de aço paralelos, sob a forma de alças sem fim, que suportam de forma contínua e transportam a correia perto das suas extremidades. A correia não é, por isso, afectada por tensões de accionamento e só é projectada para transportar o material. Os cabos individuais são suportados por meio de polias de linhas estriadas ao longo do comprimento do transportador, o que dá ao sistema um bom alinhamento (Figura 20).

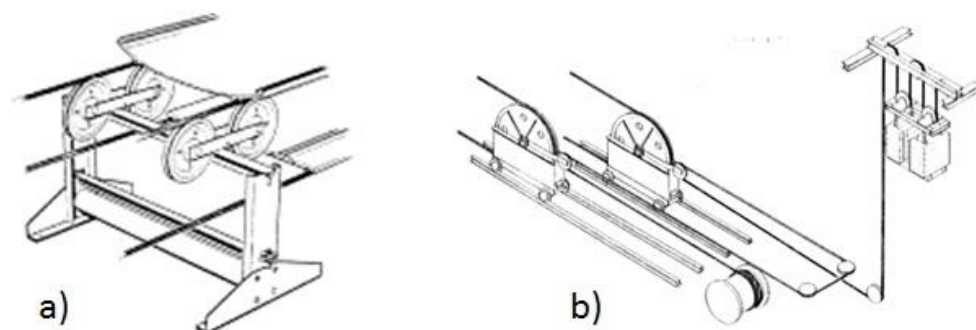


Figura 20 – Correia transportadora apoiada em cabos-guia: a) Suporte das polias e b) tensionamento dos cabos (Fonte: <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon1/paper113.html>, 2014).

2.5.2.1. Correia

As capas da correia têm ranhuras para os cabos. Estas ranhuras correm o comprimento total da correia e são utilizados como guias para o cabo. Devido a esta característica, a correia não precisa de unidades de alinhamento extra (Figura 21).

A carcaça da correia consiste num sistema de fios de aço transversais e malha de arame. Actualmente, são utilizados fios de aço em vez das fitas de aço. Esta alteração fornece à correia resistência e flexibilidade.



Figura 21 – Correia para transportadores por cabos-guia (Fonte: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/steel-cord-conveyor-belts-14260-3733255.jpg, 2014).

2.5.2.2. Polias dos Cabos

Os conjuntos de polias dos cabos são montados numa plataforma e dispostos em configuração dupla usando barras oscilantes. Os balancins podem girar horizontalmente e verticalmente para facilitar o correcto auto alinhamento com os cabos da unidade. Em cada extremidade do transportador, a correia é mudada do trajecto de ida para volta e vice-versa, através de uma unidade de deflexão simples.

Na cabeça e na cauda do transportador de correia, o cabo possui polias semelhantes aos usados com o transportador de correia apoiado por estações/roletes. No ponto de viragem os cabos são removidos das suas ranhuras e revertidos através de deflexão vertical por meio de polias de cabos de separação para desviar os cabos para dentro das ranhuras no lado oposto da correia.

Para facilitar a manutenção, a polia pode ser rapidamente removida e são fornecidas com aba de poliuretano renovável.

2.5.2.3. Unidades de accionamento

Uma das principais características dos transportadores de correia apoiados em cabos é que há apenas uma unidade de accionamento para cada transportador, independentemente do seu comprimento. A unidade de accionamento inclui uma caixa redutora totalmente fechada, incorporando o arranjo diferencial da engrenagem para igualar as velocidades de cabo e as tensões.

As rodas motrizes do cabo guia, sejam do tipo *Surge* ou do tipo *Koepe*, proporcionam o accionamento pela unidade para os cabos. As funções de controlo e de travagem são realizadas por métodos convencionais. Os cabos de condução são tensionados de forma independente para atender a quaisquer variações ao longo do percurso.

2.5.2.4. Instalações afectas ao Maciço Rochoso

Os transportadores de correia por cabo são utilizados em todo o mundo, quer à superfície quer em profundidade, transportando vários materiais em diferentes condições climáticas. Muitas aplicações têm sido consideradas para condições extremas de baixas temperaturas, até -45 ° C.

No Canadá, na Mina de George McLeod Algoma em Wawa, Ontario, uma correia por cabo com 4.570 metros de comprimento transporta o minério de ferro fragmentado da mina subterrânea para a instalação de fragmentação localizada na superfície.

O facto de o processo de extracção passar de intermitente a contínuo no interior da exploração e o processo produtivo também poder ser racionalizado e automatizado, facilita a supervisão do transporte do material.

2.5.3. Correias Transportadoras de alta inclinação

Nos últimos 30 anos têm sido desenvolvidos sistemas de transporte por correias para operar em ângulos elevados (Radowlski, 1988).

Os sistemas de transporte de materiais operam muitas vezes com desníveis muito elevados, entre os pontos de carga e de descarga, podendo esses desníveis ser positivos ou negativos, conforme o ponto de carga se encontra na cota mais alta ou mais baixa. As soluções tecnicamente encontradas para vencer esses desníveis e, sobretudo, quando esses desníveis são positivos, conduziram ao desenvolvimento de sistemas transportadores menos convencionais, como o caso das correias do tipo “sanduíche” e as correias/correntes elevadoras de baldes/caçambas/alcatruzes (Figura 22) (Caetano, 2014).

Para a indústria extractiva, as correias do tipo *sanduíche* e os elevadores de baldes têm sido os sistemas mais utilizados (Radowlski, 1988).

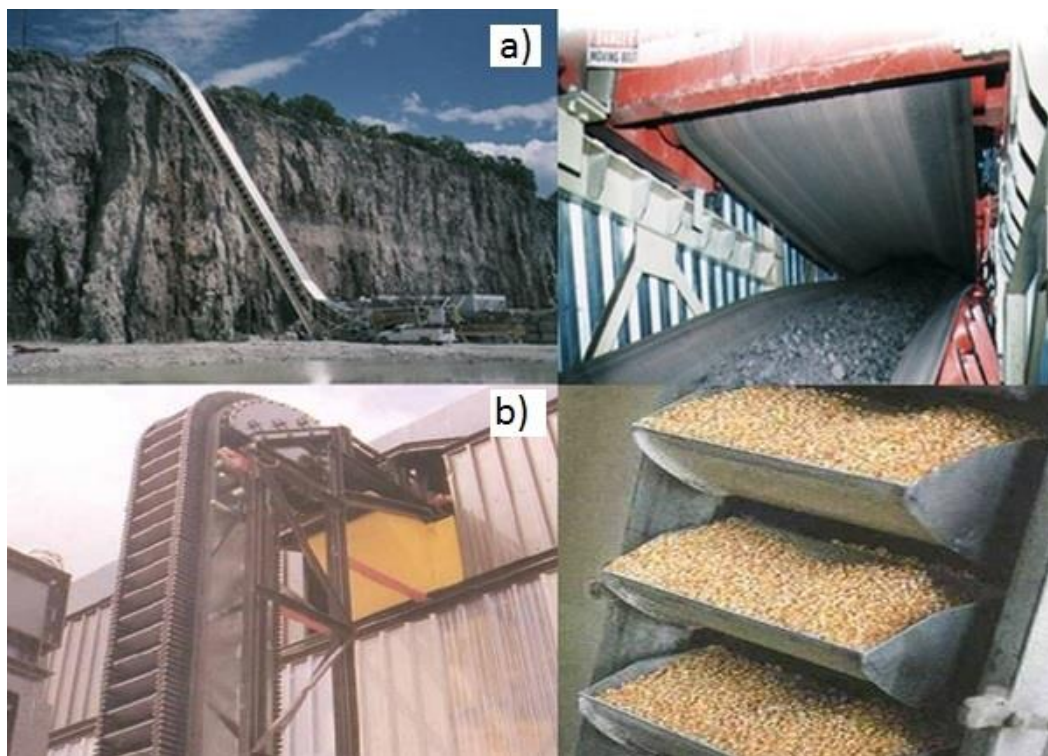


Figura 22 – Correias de alta inclinação: a) Correias do tipo *sanduíche*; b) Elevadores de baldes (Fonte: <http://www.walchand.com/business-area/mining-and-metals/>, 2014).

2.5.3.1. *Correias do tipo sanduiche*

Este tipo de correias transportadoras foram introduzidas no início dos anos 50. Terão sido desenvolvidas aquando da expansão da utilização de correias elevadoras de alcatruzes nas minas alemãs de lenhites. Inicialmente foi designada como correia transportadora com correia de cobertura. Todavia, o seu sucesso inicial rapidamente diminuiu. Mas foi um técnico e cidadão português, natural de Chaves, José A. dos Santos que fundou uma empresa em Winfield, no estado de Alabama, USA (Dos Santos International) que retomou, em 1979, a sua utilização e desenvolveu vários projectos a nível mundial com correias transportadoras deste tipo (Caetano, 2014).

Este transportador é constituído por duas correias de borracha que transportam o material por aperto entre estas, impedindo o seu deslizamento no sentido contrário ao transporte.

De acordo com o fabricante, os componentes básicos (tais como correias, roletes, polias e unidades de accionamento) são os mesmos que os utilizados num transportador por correia comum. A unidade consiste numa estrutura rígida que incorpora duas presilhas, cada uma apoiada nos roletes. As unidades de accionamento que efectuem compartilhamento de carga para ambas as correias estão localizadas na cabeça. As tomadas automáticas estão localizadas na cauda.

Até 1990, apenas uma unidade de transporte de correias do tipo *sanduiche* foi instalada na mina a céu aberto de Majdanpek, na Jugoslávia, cujo sistema foi concebido para elevar o minério britado da escavação para o transportador de superfície que encaminhava o minério para a instalação de fragmentação.

2.5.3.2. *Elevadores de baldes*

O transportador denominado de elevador de caçambas ou baldes, é um equipamento que tem a finalidade de elevar o material a uma altura suficiente, para posterior depósito em algum local pré-determinado, vencendo uma inclinação praticamente vertical, num espaço reduzido. É composto por uma correia ou correntes sem-fim, onde se fixam as caçambas ou baldes uniformemente espaçados, que se movimentam numa direcção vertical, ou quase, sobre duas polias ou rodas dentadas, havendo uma superior e outra inferior. São equipamentos silenciosos, de vida útil elevada quando efectuada uma manutenção preventiva e adequada, e consomem baixa potência por volume transportado (Milman, 2002).

Este sistema foi desenvolvido por Konrad Scholtz, em Hamburgo, na Alemanha Ocidental (Radowski, 1988). Os baldes (caçambas) são fabricados em chapas soldadas ou em plástico

reforçado e são projectados de acordo com a sua operação (do elevador de caçambas). O dorso das caçambas deve ser a própria calha de descarga do transporte (Sacramento, 2012). As paredes laterais variam entre 40-400 mm de altura. A correia é apoiada em roletes pouco espaçados (Radowski, 1988).

Este tipo de elevador foi projectado para elevação de materiais abrasivos e de elevada granulometria, mas são também empregues na elevação de materiais frágeis ou extremamente finos como o cimento e a cal (Sacramento, 2012).

Nos elevadores de baldes por correia, as fixações são feitas por parafusos que perfuram a correia e são roscados no interior das caçambas.

Em elevadores de baldes por correntes, as fixações podem ser de formas diferentes, de acordo com o porte do transportador. No caso de transportadores com descarga central as caçambas são fixadas a eixos pivotados que se unem às correntes por meio de juntas articuladas para promover o giro durante as descargas (Sacramento, 2012).

2.5.4. Comparação entre Transportadores por Correia/Corrente

O transportador de correia apoiado em estação de roletes é, comprovadamente, o melhor na indústria extractiva. Os benefícios do transportador por correia apoiado em cabos estão bem patenteados na mineração de carvão. Estes transportadores podem funcionar a um ângulo menor do que o ângulo de atrito interno de um material. Uma comparação destes dois tipos de transportadores é apresentada na Tabela 8.

O transportador apoiado em estações tem tido maior aplicação na extracção e processamento de rocha dura, devido à sua grande capacidade e relativa facilidade de movimentação. O transportador por cabo é mais económico, usa menos energia e requer menos manutenção, no entanto, tem uma capacidade limitada e a sua construção requer dispositivos tensores algo complicados. Portanto, a correia transportadora por cabo é mais aplicável como estrutura permanente de longa distância, apoiada no solo.

Os transportadores de alta inclinação ainda estão em desenvolvimento e a sua utilização não está comprovada na indústria extractiva. A escolha de um transportador por correia do tipo *sandwich* ou elevadores de baldes vai depender das exigências da escavação. Estes transportadores são comparados na Tabela 9.

Tabela 8 - Correia Transportadora: apoiada em estações de roletes *versus* apoiada em cabos-guia

	Correia Transportadora: Apoiada em Estações de Roletes	Correia Transportadora: Apoiada em Cabos-Guia
Correia e Cabos	Largura extra necessária para suporte das bordas. Sujeito a danos nas bordas. Propensa a corte longitudinal. Susceptível a corrosão interna indetectável do reforço de fio de aço. O carregamento desviado do centro pode causar problemas de alinhamento da correia.	Construção impede corte longitudinal. Fácil inspecção dos cabos de accionamento. Carregamento fora do centro não tem efeito negativo. Largura determinada unicamente pela capacidade. Cabo de accionamento disponível com comprimento contínuo até 16 km.
Estações de Roletes	6 Rolamentos e vedantes em cada estação. A correia suja em contacto com os rolos de retorno causa problemas de rolamento.	Redução do número de rolamentos e vedantes. Localização adequada dos cabos de accionamento evita desalinhamento e permite curvas no trajecto. A correia não tem contacto com rolamentos. O alinhamento da linha é fundamental.
Potência	A resistência da correia na caixa de alimentação e a agitação constante do material geram necessidades de elevada energia de fricção	A exigência de energia de fricção é até 40% menor.
Manutenção	Existem muitas tensões que exigem posteriores uniões, cada uma exigindo até 48 horas para as fazer. Existem muitas exigências em reapertos relativamente ao período da vida útil da correia. Maior número de partes móveis que exigem manutenção.	Poucas emendas nos cabos de accionamento, mas pode ser uma tarefa importante. Os cabos <i>lift-out</i> na polia facilitam a mudança de direcção. Possui peças específicas para cada projecto. Exige cabeça de accionamento e caixa de velocidades especialmente desenvolvida.

Tabela 9 - Correia transportadora: do tipo “sanduiche” *versus* elevadores de baldes

	Correia Transportadora do tipo “Sanduiche”	Elevadores de Baldes
Roletes	Elevado número de roletes de suporte e de pressão que giram a alta velocidade afectando a fiabilidade.	Não existem roletes de pressão, os roletes de suporte são menos e rodam a uma velocidade menor.
Correia	Revestimento nas bordas devido à acção da pressão dos rolos. Alta tensão no transporte da correia.	Nenhum revestimento devido à estabilidade do material nos baldes. A velocidade é relativamente lenta.
Limpeza	Fácil limpeza. Os limpadores de correia têm eficiência comprovada em correias transportadoras <i>standard</i> .	Dificuldade na limpeza dos baldes com material viscoso. Exige batentes na correia.
Efeito do aumento do ângulo de transporte	Não apresenta perdas de capacidade. São necessárias maiores tensões de pressão na correia.	O rácio de transporte decresce porque o balde apenas pode ser parcialmente cheio quando tem um ângulo de transporte elevado.
Disponibilidade de peças móveis	Fácil, porque possui as mesmas partes das correias transportadoras <i>standard</i> .	Mais difícil. Não inclui <i>hardware</i> padrão, nem disponível a curto prazo. Fontes limitadas de oferta.

2.6. Sistemas de Britagem e Transporte

Os sistemas de britagem e transporte desenvolvidos e operacionais até à data apresentam vários níveis de mobilidade desde sistemas completamente móveis a unidades de britagem permanentemente fixas (tradicionais).


As instalações de britagem podem ser estacionárias (montadas em fundações de betão) ou podem ser do tipo semi-móveis, apoiadas em estruturas metálicas. À medida que a escavação avança, uma central, que não seja fixa, poderá ser movimentada para um local mais conveniente por um chassis multiroda. Tipicamente, o agregado ou minério é carregado nos camiões de transporte que, posteriormente, procedem ao seu transporte para a central de britagem (Darling, 2011).

O sistema de transporte por correias tem um maior impacto nas escavações a céu aberto, devido ao espaço necessário para a instalação, a sua permanência no mesmo local, a baixa mobilidade e o modo como afecta outras operações unitárias. Enquanto os sistemas de transporte fixos são frequentemente utilizados em uníssono com instalações de britagem fixas, os sistemas móveis têm sido aplicados de forma limitada nessas mesmas escavações, sendo necessário enfatizar o desenvolvimento de soluções nos métodos de transporte (Tutton, 2009).

Uma maneira de reduzir os elevados custos de transporte é a utilização de correias transportadoras. As necessidades específicas inerentes à actividade extractiva, com alta frequência de mobilização do britador móvel, requer um sistema de transporte móvel e flexível combinado com um sistema de transporte por correias fixo. Os transportadores móveis são indicados para transportar o material britado para o sistema fixo e proporcionar conexão entre estes dois sistemas. Estes transportadores móveis trabalham em distâncias mais curtas do que os estacionários, porque eles têm que trabalhar como um elo flexível entre o britador móvel montado na frente de trabalho e o sistema de transporte de campo fixo. A combinação de transporte móvel e fixo pode economizar até 2/3 dos custos de transporte existentes (Zimmermann & Kruse, 2006).

Apresentam-se, de seguida, os sistemas de britagem disponíveis (Tabela 10) e os sistemas de transporte por correia existentes (Tabela 11), classificados tendo em conta a sua mobilidade.

Tabela 10 – Tabela-síntese dos tipos de sistema de britagem existentes

Mobilidade britagem	Descrição	Imagem Representativa
Fixo	<p>A central de britagem estacionária é instalada numa estrutura de betão enterrada, localizada usualmente na zona exterior à área de trabalho (Darling, 2011). A distância de transporte desde a zona de trabalho vai aumentando com a progressão da vida da escavação (Radowski, 1988). Tem alta capacidade, geralmente equipada com britadores giratórios ou de mandíbulas (Tutton, 2009).</p> <p>A instalação de britagem, também estacionária, é usualmente instalada numa estrutura de betão, que se encontra ligada à escavação encaixante. Uma porção ou toda a estrutura é fabricada em aço e pode ser desmontada e movida (Darling, 2011). É adequada para um período estacionário nunca inferior a 10 anos (Radowski, 1988). Tem alta capacidade, e é geralmente equipada com britadores giratórios ou de maxilas (Tutton, 2009).</p>	
Semi-Fixo	<p>A instalação semi-fixa é montada numa estrutura de aço que jaz numa fundação de betão. Da estrutura fazem parte todo o equipamento e subsistemas necessários para operar o britador. Este britador encontra-se perto da zona de trabalho e tem algumas exigências quanto à sua desmontagem para movimentar a estrutura (Darling, 2011). É adequada para um período estacionário nunca inferior a 5 anos. Tem alta capacidade, e é geralmente equipada com britadores giratórios ou de mandíbulas (Tutton, 2009).</p>	







Semi-Móvel	<p>Estas unidades operam perto da frente de trabalho mas são movidas com menor periodicidade que as estações móveis (Hartman, 1992). É uma estrutura em aço e consiste basicamente em 3 módulos: alimentador, britador e cabine de controlo. A estrutura é construída com anteparas para facilitar o transporte (Darling, 2011). A frequência indicada para deslocações é entre 3 e 5 anos (Radowski, 1988).</p>	
Móvel	<p>As unidades de britagem móveis assentam numa plataforma de aço e são autopropulsionadas. Permite a circulação na zona de escavação devido às suas rodas ou esteiras e ao motor integrado, reduzindo a necessidade de transporte por camião. São também constituídas por um alimentador, britador e correia de descarga, assim como todo o equipamento auxiliar e subsistemas afectos ao funcionamento da unidade. O material é descarregado pela escavadora, directamente na frente de trabalho, trabalhando em conjunto com esta unidade, permitindo uma alimentação contínua (Darling, 2011). Pode alimentar uma sequência de correias ou uma ponte rolante (Tutton, 2009).</p>	

Tabela 11 – Tabela-síntese dos tipos de sistema de transporte por correia existentes (adaptado de Tutton, 2009).

Mobilidade transporte	Descrição	Imagem Representativa
Fixo	<p>Capacidade típica de 5 a 12 kt/h, velocidades na ordem dos 4 a 6 m/s e larguras entre os 1800 e os 2400mm.</p> <p>Podem ser correias em túnel, cobertas ou abertas. Não são flexíveis.</p>	
Semi-Fixos	<p>Uma capacidade típica de 5 a 12 kt/h, velocidades na ordem dos 4 a 6 m/s e larguras entre os 1800 e os 2400mm. As de flexibilidade reduzida, exigem paralisações mensais para reposicionamento. O accionamento é realizado por meio de rastos. As de flexibilidade média, têm impacto sobre outras operações unitárias e o tempo de inactividade por reposicionamento é mais frequente.</p>	
Semi-Móvel	<p>Uma capacidade típica de 0.5 a 4 kt/h, velocidades na ordem dos 3 a 4 m/s e larguras entre os 1200 e os 1800mm. São sistemas múltiplos dispostos em sequência, montados em esteiras, pneus ou carris. Aplicam-se em pedreiras e operações de lixiviação. Os tempos de recolocação são demorados, funcionam em sistemas múltiplos, originam interrupções durante a transferência de material, as condições do piso têm de ser razoáveis para as unidades de pneus e as unidades montadas em carris precisam de equipamento de apoio para a realocização.</p>	
Móvel	<p>Uma capacidade típica de 5 a 12 kt/h, velocidades na ordem dos 3 a 6 m/s e larguras entre os 1800 e os 2400mm. Apresentam um elevado custo inicial, têm flexibilidade média, são normalmente montadas em lagartas ou pneus. Além do formato de correia transportadora típico, podem ter outros formatos como recuperadores, pilhas e ponte móvel.</p>	

Actualmente, um sistema de britagem móvel *in-pit* é composto por uma unidade de britagem primária móvel, uma, duas ou três unidades de transportadores articulados também móveis e um sistema de transportadores de correia fixo. O britador móvel, precede o primeiro transportador que se liga ao transportador seguinte. Sendo o último transportador ligado a um silo móvel que se move sobre trilhos e descarrega o material através de uma calha vibratória no transportador realocável e este, por sua vez, transfere o material para um transportador fixo que o leva à instalação de britagem. Uma instalação *In-Pit* típica é demonstrada na Figura 23.

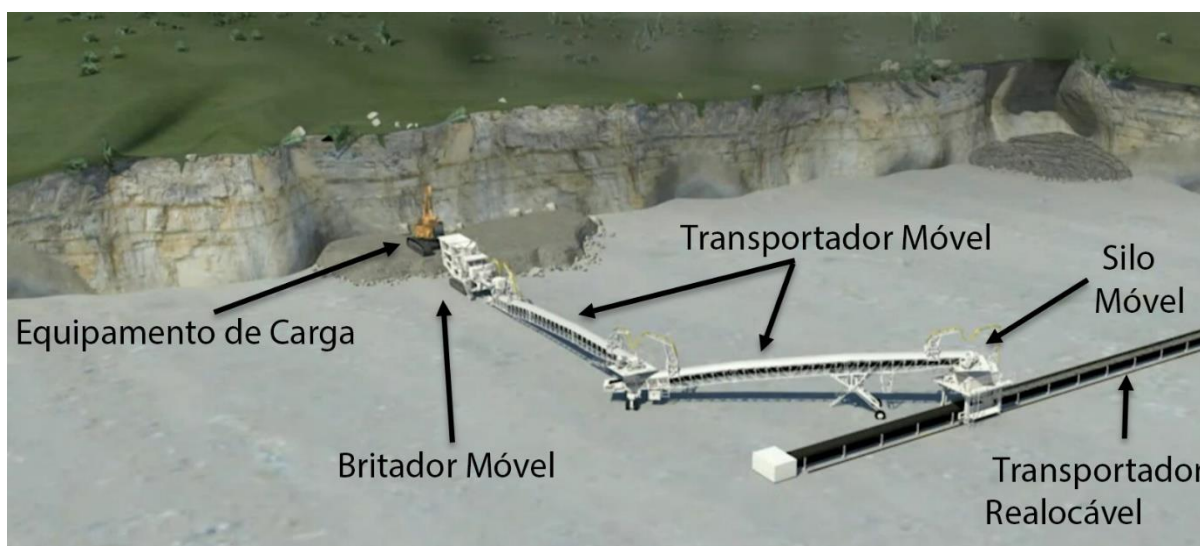


Figura 23 – Instalação típica de um sistema *In-Pit*. (Fonte: <http://www.synthesevideo.com/en/productions/technical-simulation/metso-lokolink-eng.html>, 2014).

O britador móvel movimenta todo o conjunto de transportadores móveis e o silo móvel, seja para movimentação durante a britagem ou afastamento para o desmonte e reposicionamento para retomada da britagem. Com este sistema, é possível a eliminação completa de camiões, reduzindo significativamente o custo operacional de uma instalação de britagem.

O desenvolvimento de conjuntos de britagem e peneiramento sobre esteiras na década de 80, utilizando equipamentos de grande porte normalmente empregues na produção de agregados, mudou radicalmente o conceito de britagem *in pit*, trazendo novas soluções e alargando os benefícios também para pedreiras e construtoras. Em função destes benefícios, tanto na Europa como nos Estados Unidos, existe um nítido crescimento na utilização dos conjuntos sobre esteiras em comparação com as configurações tradicionais de instalações estacionárias e conjuntos móveis sobre pneus (Metso, 2013).

A Figura 24 apresenta a evolução dos diferentes tipos de instalações, na Europa e nos Estados Unidos, no período compreendido entre os anos de 1997 e 2002 (Metso, 2013).

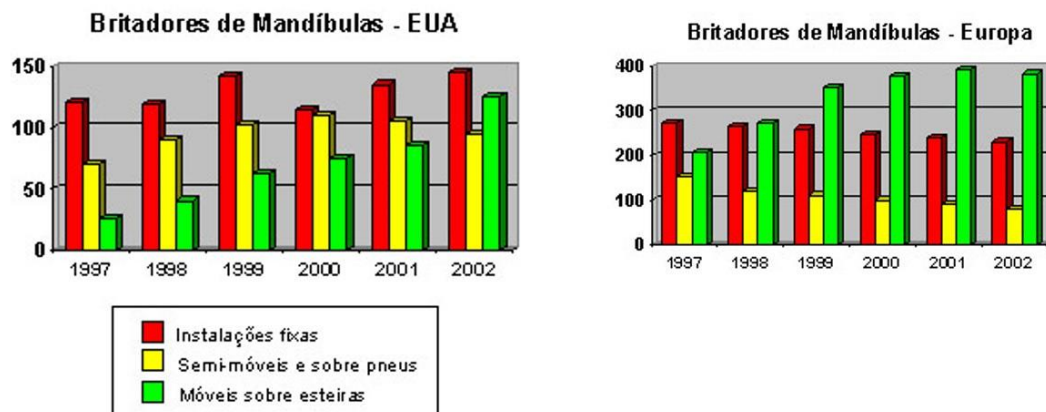


Figura 24 – Comparação entre a procura por britadores de mandíbulas montados em sistemas móveis e fixos de 1997 a 2002, nos EUA e Europa (Fonte: http://www.metso.com/br/news_br.nsf/WebWID/WTB-050419-2256D-C5D37?OpenDocument, 2013).

Atendendo à importância que foram assumindo ao longo do tempo, nesta dissertação serão aprofundados sobretudo os sistemas móveis.

A Figura 25 apresenta os dois sistemas aqui estudados.



Figura 25 – Sistema de britagem *In-Pit* e sistema convencional de transporte por camiões (Fonte: <http://www.aggbusiness.com/EasysiteWeb/getresource.axd?AssetID=86253&type=custom&servicetype=In line&customSizeId=10>, 2013).

2.6.1. Unidades de Britagem e Transporte “*In Pit*”

Os sistemas de britagem e transporte “*In Pit*” constituem uma alternativa para o transporte convencional por camiões em minas e pedreiras. A maior vantagem deste sistema encontra-se na redução de transporte por camião pela introdução de correias transportadoras na proximidade da frente de trabalho (Radowski, 1988). Podem subir com segurança rampas de até 25 graus e conseguem ser movidas e manobradas em terrenos sem grande preparação (Metso, 2013).

O britador móvel permite ao operador do equipamento de carga tirar partido do transporte contínuo possibilitado pelas correias e eliminar o problema associado ao elevado custo de construção e manutenção de vias de transporte, obtendo-se assim poupanças significativas (Hartman, 1992).

O posicionamento da unidade de britagem móvel terá de ser correctamente planeado para que as deslocações deste possam ser minimizadas, assim como a unidade de transporte móvel. Sabendo que um reposicionamento significa tempo de paragem na produção, e para minimizar esse tempo de paragem, o material pode ser depositado numa pilha de *stock*, em que a alimentação da instalação de britagem será feita a partir dessa pilha (Radowski, 1988).

Este conceito de britagem e transporte “*In Pit*” exige:

- Um britador móvel de elevada capacidade (primário), localizado perto da frente de trabalho (Radowski, 1988), para permitir o transporte por correia que exige uma menor dimensão do material que o transporte por camião (Tutton, 2009);
- Um transportador móvel projectado para unir a unidades móveis de britagem primária, com os estágios subsequentes de processamento nas pedreiras e minas (Metso, 2013);

O accionamento das unidades pode ser realizado através de motor a *diesel*, ou por motores eléctricos, podendo também possuir um sistema de engate, de forma a conseguir rebocar estas unidades para um local diferente (ZLequipamentos, 2012).

A primeira unidade móvel de britagem foi aplicada em 1956, numa pedreira de Calcário em Hower, na Alemanha (Radowski, 1988). Desde então, a procura destas unidades móveis tem vindo a aumentar para capacidades de produção variadas e com aplicações em minérios/agregados diferenciados (Darling, 2011).

2.6.2. Unidades de Britagem Móvel

O conjunto de britagem móvel vem equipado com um alimentador vibratório, um britador (descrito no capítulo seguinte), crivo(s) e transportador(es) de correia, sendo todos esses equipamentos montados sobre um chassis.

Os britadores móveis foram concebidos com o objectivo de garantir qualidade nos produtos finais, com baixo custo de manutenção, economia de mão-de-obra e principalmente de tempo. Em algumas pedreiras, elimina o custo de transporte do material até à instalação de britagem (ZLequipamentos, 2012).

A correia transportadora deste equipamento pode ser configurada em vários comprimentos, permitindo conexão com o sistema de transporte móvel, empilhamento do produto britado, carregamento directo em camiões ou ainda a conexão com conjuntos de (re)britagem seguintes. Pode ser equipado com extractor magnético, particularmente importante em britagem de estéreis (http://www.metso.com/br/news_br.nsf/WebWID/WTB-050419-2256D-C5D37?OpenDocument, 2013).

A Figura 26 apresenta as partes constituintes de um sistema de britagem móvel.

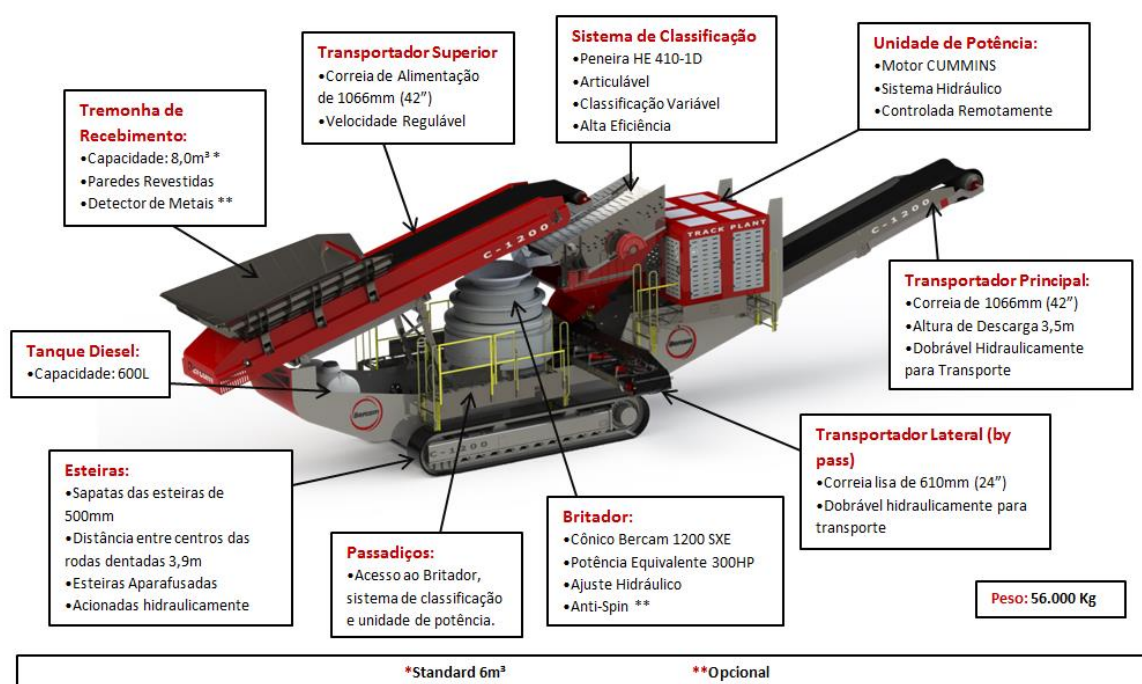


Figura 26 – Constituintes de um britador móvel Bercam C-1200 (Fonte: <http://www.bercam.com.br/produtos/c-1200/>, 2013).

2.6.2.1. Tipos de Britadores

Em pedreiras e minas, a escolha do britador primário mais eficiente está directamente relacionada, entre outras, com o tipo de rocha a ser fragmentada. Especialistas da indústria apontam que os equipamentos mais utilizados actualmente na actividade extractiva são os britadores de maxilas, o que definitivamente não constitui uma regra. “Com britadores de impacto também podemos alcançar altos índices de produção no estágio primário de britagem, a um custo economicamente viável”, diz Sales (2012), consultor regional de vendas da Wirtgen Brasil, empresa que representa a alemã Kleemann no país.

Como ocorre com os britadores primários, uma correcta escolha dos equipamentos para as fases secundária e terciária de britagem pode gerar economia e maior produtividade.

Se os equipamentos de maxilas são os preferidos na etapa primária de britagem em pedreiras e minas, na britagem secundária os equipamentos mais seleccionados são os modelos cónicos. Segundo Lago (2012), engenheiro de aplicação da Simplex, esse é o tipo de fragmentador mais frequentemente utilizado em pedreiras porque oferece maior redução do material britado relativamente aos modelos de maxilas e de impacto horizontal. Porém, esse tipo de equipamento é mais limitado em relação à dimensão na alimentação e, por isso, precisa de trabalhar com um britador primário eficiente, que forneça material de granulometria menor (Figura 27).

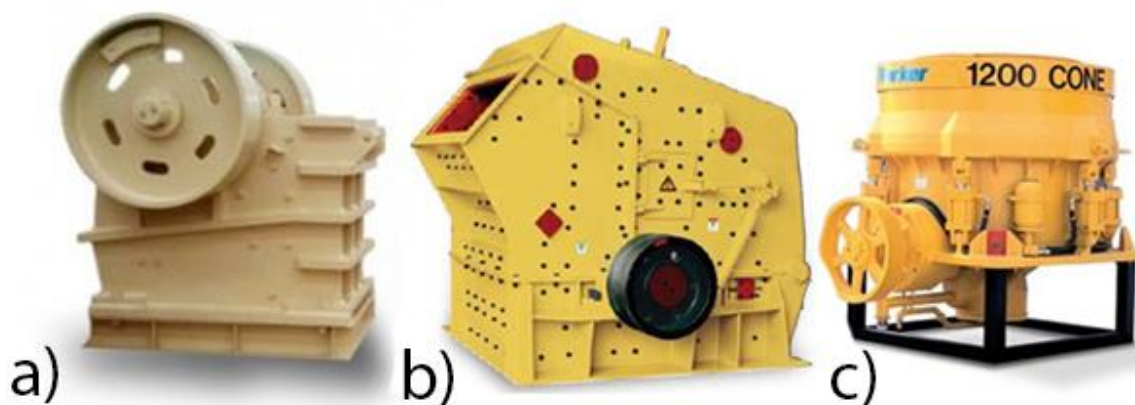


Figura 27 – Tipos de britadores existentes no mercado: a) britador de mandíbulas, b) britador de impacto, c) britador cónico (Fonte: <http://www.perfproeletro.com.br/site/thumbs/YTo0OntzOjU6IndpZHRoljtpOjMyMDtzOjY6ImhlaWdodCI7aToyMzU7czozOiImYXliO2k6MTtzOjM6InNyYyI7czozMjoiaW1nL3Byb2R1dG9zL3Byb2R1dG9fMTY3MF90Mi5qcGciO30=/img.jpg>, 2014).

2.6.2.2. Estágios Primários

O gerente de aplicação de sistemas de britagem da Metso para a América do Sul, Toshihiko Ohashi, concorda com o princípio de Jorge Sales. Segundo Osahi (2012), os britadores de maxilas não são os únicos equipamentos indicados para a fase primária de britagem em pedreiras, mas reconhece que são os mais utilizados nas operações. Ainda segundo Osahi, a predominância desses equipamentos baseia-se no facto de necessitarem de menor investimento e oferecerem maior facilidade de operação, instalação e manutenção, além de britarem os mais diversos tipos de rocha, de diferentes graus de dureza e abrasividade. Afirma, ainda que, relativamente à capacidade de produção os britadores de maxilas também possuem a vantagem da versatilidade, o que os capacita para o trabalho em pedreiras de todos os tamanhos e níveis de produção. Refere que “no exterior, onde os modelos de maxilas também predominam, os britadores giratórios são cada vez mais utilizados, principalmente em grandes pedreiras”, complementa. E gradualmente os modelos giratórios começam a surgir como solução eficaz em diversos casos.

Sales (2012), da Wirtgen, revela que a empresa realiza estudos de viabilidade económica para aplicar britadores de impacto de eixo horizontal (impactores) nas operações da fase primária de processamento de rochas de baixa abrasividade. Nesse sentido, o calcário é citado como o exemplo mais significativo. Acrescenta que “as aplicações desta tecnologia alongam-se também para granitos, dependendo do caso”.

Ampliando o conhecimento sobre esse tipo de equipamento, Lago (2012), engenheiro de aplicação da Simplex, sublinha que quando comparados com os britadores de mandíbulas os impactores possibilitam maior redução do material na britagem primária. Refere aquele autor, “com isso, quando falamos em rochas de baixa dureza, em muitos casos é possível até mesmo descartar a aplicação de um britador secundário”. E salienta que “essa opção gera maior desgaste do britador primário, podendo tornar o custo do processo inviável na operação de rochas mais duras”.

Especificamente sobre o minério de ferro, Follis (2012) lembra que esse mineral é encontrado numa variedade de composições, sendo que cada uma delas possui características físicas próprias, com durezas que podem variar de 3,5 a 6,5 na escala de Mohs. Segundo aquele autor “a escolha do britador dependerá de factores como o tipo de material, a fragmentação desejada, os requisitos de produção e outros”.

A partir dessas características, Ohashi (2012) avalia que os dois principais tipos de britadores utilizados na fase primária em mineração de ferro são os de maxilas e os giratórios. Refere que “o principal factor de escolha é a capacidade dos equipamentos, de modo que os de mandíbulas

atendem pequenas e médias capacidades, enquanto os giratórios são indicados para operações de grande porte”.

Para os minérios com alto conteúdo de finos – característicos do quadrilátero ferrífero de Minas Gerais e em Carajás – o especialista da Metso lembra que desde a década de 1990 os britadores de maxilas são aplicados (em combinação com grelhas vibratórias) no processamento de materiais em instalações de alta capacidade. Indica, a título de exemplo o caso das instalações de britagem semi-móveis de Carajás, onde foram instaladas várias unidades com essa configuração, com capacidades variando de 6 mil a 10 mil t/h.

Quanto aos britadores giratórios, aquele autor considera que são mais usuais quando o processo posterior é a moagem semiautógena (SAG). Segundo ele, tais equipamentos são mais eficientes na limitação do tamanho do material de alimentação para o moinho. Contudo, afirma que também há ainda outras configurações para a fase primária. Ampliando o leque de opções, Ohashi lembra ainda que, há bem pouco tempo, no novo projecto de minério de ferro da empresa Vale na região de Carajás (o S11D) foi necessária a aplicação de um britador do tipo “Sizer”. Afirma também que essa tecnologia é indicada para minérios húmidos e pegajosos, mas a sua aplicação ainda é limitada a materiais de baixa dureza”.

A Tabela 12 apresenta os parâmetros fundamentais a serem analisados para a selecção do equipamento de britagem primária ideal

Tabela 12 - Parâmetros fundamentais a serem analisados para a selecção do equipamento de britagem (Manutenção&Tecnologia, 2012).

Características da Rocha	Constituem o principal factor, devendo-se avaliar aspectos como a resistência à compressão, abrasão, dureza e o teor de humidade.
Alimentação	Para a escolha do equipamento mais adequado, é necessário definir-se o tamanho máximo do material na alimentação.
Produção Horária	Para determinar o tamanho da máquina que será aplicada, é preciso considerar expansões futuras previstas e a necessidade de capacidade adicional de moagem.
Relação de Redução	Geralmente, os equipamentos de maxilas e giratórios produzem uma relação de redução máxima do material britado de 6:1.
Restrições	É preciso conhecer as limitações do local, tais como espaço disponível para o funcionamento da máquina, acessos, requisitos de fundação para instalação do equipamento, entre outros.
Energia	É recomendável realizar um estudo de fornecimento de energia eléctrica, calculando o consumo por tonelada previsto para cada britador.
Custo/Benefício	Comparar tecnologias e características dos alimentadores, tendo em conta não apenas o custo inicial dos britadores, mas também das fundações e de manutenção.

2.6.2.3. Estágios Seguintes

Ohashi (2012), ressalta que a crescente procura por material britado fino nas pedreiras tem impulsionado ainda mais a utilização de modelos cónicos. Refere que esses equipamentos possibilitam alta redução do material para encaminhamento à fase terciária”, diz. Em contrapartida, lembra que os rebritadores de mandíbula e os modelos giratórios são inadequados para a função secundária. Afirma ainda que quando aplicadas, essas tecnologias exigem quatro estágios de britagem, sendo que, com o britador cónico na etapa secundária, é possível produzir todas as classes de britas em três estágios, simplificando o *layout* da planta”.

Segundo Sales (2012), consultor regional de vendas da Wirtgen Brasil, a preferência tende para os modelos cónicos, mas lembra que – no caso de pedreiras – a especificação do equipamento deve levar em conta o tipo da rocha. Ainda segundo aquele autor, “é necessário observar os índices de abrasividade (A_i) da rocha para dimensionar o processo de cominuição, além do índice de trabalho (W_i) e outros parâmetros”, dado que “isso faz com que os britadores de impacto de eixo horizontal também sejam escolhidos, pois oferecem alta capacidade de processamento de finos e materiais de melhor cubicidade e com menor produção de poeiras”.

Os modelos cónicos também ocupam o topo da lista na fase secundária de britagem em minerações de ferro. Ohashi, ressalta que a escolha, ou até mesmo a necessidade de obter a britagem secundária, dependerá do tipo de cominuição. “As operações que produzem pelotas naturais (NPO) ou *sinter feed* ainda usam britagem multi-estágios, sendo que existem duas opções para a britagem secundária: as que usam britadores cónicos de alta redução e as que usam os giratórios”, explica. A vantagem dos cónicos, como autor refere, é a simplificação do *layout*, usando três estágios para produção de *sinter feed* (Tabela 13). Segundo Ohashi, devido à acentuada redução dos teores de jazidas de minérios de ferro ocorrida nos últimos anos, existe uma grande procura por projectos cujo objectivo seja a produção de *pellet feed*, com produção máxima de finos. “Nesse caso, duas opções de cominuição são cada vez mais utilizadas: a moagem semiautógena (SAG) e a moagem por rolos de alta pressão (HPGR), onde se aplicam britadores cónicos de alta capacidade de redução a trabalhar em circuito fechado”, especifica o autor.

A escolha do equipamento ideal na fase secundária deve ter em conta também a operação que se seguirá no estágio terciário. Essa fase, como já foi referido, pode ser a última etapa de fragmentação, caso o tipo de material desejado seja satisfatório ou respeite as normas CE e a instalação esteja adequadamente dimensionada. Ohashi frisa que, além de alta produtividade e para atender à procura actual do mercado de agregados, as pedreiras precisam de escolher

britadores terciários que também gerem produtos com bom índice de forma (boa cubicidade). Afirma que os “dois tipos de equipamentos costumam ser utilizados nessa etapa: os modelos cónicos, que, novamente, são os mais utilizados, e os britadores de impacto de eixo vertical (impactores) do tipo autógeno, sendo que esse último tem sido aplicado em pedreiras onde as rochas apresentam problemas críticos de lamelaridade”, e acrescenta que a operação dos impactores requer maior atenção, já que o custo operacional (energia e peças de desgaste) é significativamente maior.

Lago (2012), reforça que o britador terciário é necessário quando a pedreira pretende produzir grande quantidade de material e os restantes britadores – primário e secundário – não conseguem fragmentar o produto com a granulometria desejada. “Esse britador pode ser o cónico, desde que tenha revestimento mais fino do que o utilizado na fase secundária”, adverte. Por outro lado, aquele autor destaca que a opção pelo britador de impacto vertical se deve, geralmente, à necessidade de se obter materiais de melhor cubicidade, mas lembra que esses equipamentos não devem ser sobredimensionados, pois a câmara de britagem precisa de estar sempre cheia para que o britador obtenha alta produtividade na operação. Ao contrário do que ocorre com as pedreiras, o especialista da Simplex lembra que, na mineração de ferro, a utilização de impactores na fase terciária não é comum devido à dureza do material, que provoca alto desgaste nos revestimentos. “Por isso, o mais comum é o britador cónico com revestimento fino, pois permite boa redução do material britado e evita elevado custo operacional”, afirma o autor. O especialista da Metso enfatiza o cuidado que se deve ter em relação à humidade, que normalmente está presente no mineral e causa alta aderência do material aos revestimentos, comprometendo o desempenho do britador. Mostrando como são possíveis diferentes configurações, Ohashi cita ainda uma excepção importante. “Os britadores de impacto autógenos também podem ser aplicados na etapa terciária, desde que o produto final seja especificamente o *pellet feed*” (Manutenção&Tecnologia, 2012).

Tabela 13 – Produção de *sinter feed* e *pellet feed* (Manutenção&Tecnologia, 2012).

SINTER FEED	Produto constituído de partículas com granulometria entre 0,1 mm e 6 mm, o <i>sinter feed</i> é utilizado como matéria-prima nas unidades de sinterização – processo em que duas ou mais partículas sólidas se aglutinam pelo efeito do aquecimento a uma temperatura inferior à de fusão – para produzir <i>sinter</i> , um material com dimensões entre 10 e 50 mm, aproximadamente, que é aglomerado a quente na presença de combustível sólido (coque ou carvão) e ligantes (calcário e cal). O <i>sinter</i> é utilizado na produção de gusa para compor a carga metálica dos altos fornos.
PELLET FEED	Tipo de minério concentrado, o <i>pellet feed</i> atinge uma humidade de aproximadamente 10% depois de filtrado, podendo também ser comercializado para uso em pelletização ou em sinterização. O <i>pellet feed</i> é especificado em dois produtos diferentes: PFL (<i>pellet feed</i> de baixa sílica) e PFN (<i>pellet feed</i> de sílica normal). Como o mercado de minério de ferro consome pelotas com granulometria adequada, é realizada ainda uma etapa de peneiramento das pelotas queimadas, onde os finos (partículas passantes na malha de 6,3 mm) são retirados.

2.6.3. Unidades de transporte móvel

Com a popularização dos conjuntos móveis sobre esteiras, as pedreiras também começaram a utilizar estes conjuntos. Os conjuntos eram utilizados basicamente na britagem primária, gerando o produto próximo da frente de trabalho e sendo o mesmo transportado por camiões até à instalação de britagem fixa localizada fora daquela zona. O manuseamento de material mais fino permitiu o uso de camiões convencionais em vez dos camiões fora-de-estrada e um transporte mais eficiente devido à melhor acomodação do material na caçamba.

O custo de carregamento e transporte é, normalmente, crescente à medida que avança a exploração, consequência do aumento da distância e/ou desnível de transporte. Este custo poderia ser drasticamente reduzido com o uso de britagem *in-pit* e eliminação total de camiões (Metso, 2005).

Entretanto, era difícil de atingir essa meta pois não estava disponível um sistema de transportadores ágeis o suficiente para acompanhar o deslocamento do conjunto primário, que acontecia a cada 2 a 4 horas, ou que permitisse sair rapidamente da zona de desmonte para a detonação, e retomar a operação imediatamente.

Esta barreira foi superada com o desenvolvimento de um sistema de transportadores articulados. Estes transportadores móveis são capazes de acompanhar a unidade primária, à medida que se percorre toda a frente de trabalho. Graças à excelente mobilidade, os transportadores podem ser facilmente afastados até uma distância segura para o desmonte de rocha.

O sistema de transporte móvel (Figura 28) permite economias substanciais nos custos operacionais, pois substitui o transporte tradicional por meio de camiões basculantes. O sistema de transporte móvel contribui ainda para a menor produção de poeira, menor emissão de gases de escape e maior segurança no trabalho (Metso, 2014).



Figura 28 – Unidade de transporte Lokolink (Fonte: [http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_conv.nsf/WebWID/WTB-131217-2256F-B5935/\\$File/Lokolink.jpg](http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_conv.nsf/WebWID/WTB-131217-2256F-B5935/$File/Lokolink.jpg), 2014).

2.6.4. Configurações possíveis de Tolvas/Alimentadores

Existem dois métodos distintos na alimentação dos britadores primários feita por camiões: a alimentação directa e a alimentação indirecta (Figura 29).

Na alimentação directa, o material é descarregado directamente pelo camião na tolva, que está situada acima do britador. Na alimentação indirecta, o material é descarregado pelos camiões directamente na tolva, que se encontra a uma curta distância do britador. Distância essa que o material terá de percorrer com o auxílio de uma calha vibratória (Figura 29).

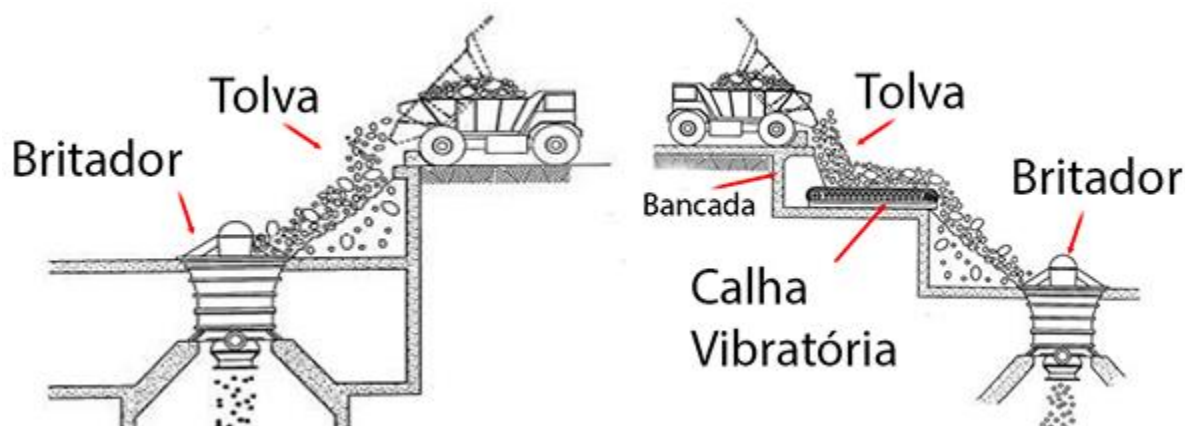


Figura 29 – Alimentação directa (esquerda) e indirecta (direita) da tolva (Fonte: adaptado de http://books.google.pt/books?id=5uq-kdfHLWUC&pg=PA952&lpg=PA952&dq=direct+feed+hopper+crusher&source=bl&ots=wooiuhr_ZN&sig=_9GO-Hj5MI7z1NDgMX7In2LV_Rc&hl=pt-PT&sa=X&ei=0es7VPWcMMqxafrMgaAF&ved=0CD8Q6AEwBg#v=onepage&q=direct%20feed%20hopper%20crusher&f=false, 2014).

Uma das grandes considerações que deve ser acautelada e que tem grande influência na operação de descarga do material é o fluxo padrão de tráfego dos camiões. Este fluxo irá condicionar as posições de descarga relativamente à tolva, o espaço disponível para manobrar os camiões e o número de posições de descarga.

Existem basicamente três combinações possíveis para a unidade de alimentação: bancada elevada (*high bench*), bancada intermédia (*low bench*) e bancada na base (*pit floor*).

Na bancada elevada (*High bench*), o aumento da capacidade é menor relativamente a um alimentador inclinado. É exigido um ponto de paragem do material com intuito de limitar a abertura vertical para controlar a profundidade da carga e a taxa de alimentação. O alimentador é comprido devido à inclinação da bancada. Tem um consumo moderado de energia. Pode exigir um reforço extensivo da bancada. Requer altura de bancada de cerca de 23 m.

Na bancada intermédia (*Low Bench*), existe uma grande capacidade e um alimentador curto. Fácil de instalar, remover e transportar. É exigida uma moderada estabilização da bancada. As bancadas precisam de ter altura até 12 metros.

Na bancada na base, é exigido um alimentador extenso e elevada energia. É de difícil transporte devido ao seu tamanho e suportes especiais. É necessário escavação para instalar a saída do alimentador. As bancadas medem cerca de 8 metros.

Existem dois tipos de alimentadores disponíveis: os alimentadores de sapata e os alimentadores de correia (Tabela 14). No transporte de rocha dura, os alimentadores de sapata são os mais populares.

Tabela 14 – Características dos alimentadores de sapata e correia (Radowski, 1988).

Equipamento	Descrição	Imagem representativa
Alimentador de sapatas	Com capacidades que variam entre as 2000 e as 8000 t/h, larguras entre os 1,52 e os 3,66 m, e comprimentos desde os 6 aos 60 metros. Grande parte possui velocidades de funcionamento variáveis.	
Alimentador de correia	Usado com sucesso na Alemanha, França, Japão, Estados Unidos da América e no Pacífico. Tem como vantagens a construção simples, o investimento inicial baixo, o consumo de energia razoável, fácil manutenção, a regulação da alimentação é francamente boa e muito menos barulho de funcionamento que o alimentador de sapatas. Tem como desvantagem a correia ser mais susceptível de se danificar que o alimentador de sapatas, principalmente no transporte de material grosseiro a uma taxa elevada.	

2.6.5. Equipamento auxiliar

O equipamento auxiliar de um sistema de britagem *in-pit* consiste num guindaste de manutenção, um martelo hidráulico e um transportador.

O guindaste de manutenção é um guindaste pedestal, que tem utilidade para a remoção do veio principal e manutenção geral, sendo este montado no local de britagem, para executar estas tarefas e poder entrar rapidamente em serviço. Os maiores fabricantes dos sistemas de britagem *in-pit* fornecem estes equipamentos com um guindaste de capacidade de elevação suficiente.

O martelo hidráulico, montado permanentemente no britador é operado hidraulicamente, fragmenta rochas de grandes dimensões. Os maiores fabricantes dos sistemas de britagem *in-pit* fornecem estes equipamentos adequados às diferentes aplicações. Os registos de funcionamento indicam que um martelo pode operar entre 20 e 30% das horas de funcionamento do britador.



Figura 30 – Martelo Hidráulico (Fonte: <http://hugin.info/3017/R/1764809/598614.jpg>, 2014).

Os transportadores (Figura 31) são equipamentos para o transporte de britadores na zona de trabalho. As rodas pneumáticas, os rastreadores e os *skid pads* têm sido os mais comuns para os britadores móveis existentes. As empresas de mineração/agregados costumam contratar esse tipo de transporte a empreiteiros especializados (Radowski, 1988).



Figura 31 – Transportador (Fonte: <http://i.ytimg.com/vi/OJzl3afuvRw/0.jpg>, 2014).

2.6.6. **Software Disponível**

Existem actualmente alguns produtos para simulação e controlo do processo em tempo real disponíveis para aumentar a eficiência das instalações de britagem (Aggregates Business Europe, 2010).

O *AggFlow*, como o *Plant Designer* da Sandvik e o *Sim Met* da JK Tech são exemplos de *software* para simulação e optimização de uma instalação de britagem antes de esta ser implantada.

No entanto, variáveis que têm impacto nas operações como as variações naturais do maciço na alimentação, as condições de conservação do equipamento, as condições meteorológicas, e as paragens não previstas são cruciais na implementação da optimização e controlo em tempo real do funcionamento da instalação de britagem (Hultén, 2010).

A Terex Powerscreen utiliza o programa *AggFlow* para auxiliar seus clientes na definição da melhor máquina para cada estágio de britagem. Segundo Mark Follis, engenheiro de aplicação da empresa, o sistema avalia qual equipamento oferecerá a maior capacidade de saída de acordo com a rocha processada. “Essa simulação de instalações de britagem e a análise de fluxo foi desenvolvida especificamente para a produção de agregados”, afirma aquele autor. Também refere que o sistema “leva em conta não só a produtividade do material, mas também os maiores custos envolvidos no processo, como o consumo de combustível e de electricidade.” (Mineração e Tecnologia, 2012).

O novo produto da Metso, o *DNA*, é uma plataforma de automação e informação da nova geração. Este *software* engloba todos os controlos do processo, máquinas, qualidade, motores, bem como monitorização da manutenção de todos os equipamentos (Metso, 2014) (Figura 32).

Uma outra possibilidade para o futuro encontra-se neste sistema de automação da Metso utilizado pela construtora Odebrecht. O sistema permite o controlo remoto de uma pedreira ou de uma mina. Assim, podem-se evitar falhas e paragens dos trabalhos realizando uma manutenção preventiva nos equipamentos. Além disso, o sistema permite conhecer onde está o problema numa unidade de britagem, por exemplo, o que torna possível trocar a peça danificada sem desmontar partes da máquina desnecessariamente.

Segundo Ohashi (2013), o sistema de automação teve muito boa recepção na construtora. Afirma que “a primeira experiência da Odebrecht com o Metso *DNA* foi uma barragem em Portugal. As construtoras têm dificuldade com a britagem porque é necessário treinar pessoal para uma boa produtividade. As obras são de curto prazo e a formação do pessoal é longa. Com a automação, ainda que não haja pessoal bem preparado consegue-se economizar tempo e alcançar uma boa produtividade. Por isso, hoje a Odebrecht utiliza a automação da Metso em grandes obras como a da hidroelétrica de Belo Monte, na Amazônia”.

Para a construtora, a automação significa melhor capacidade de cumprir com os prazos de entrega dos projectos. Poder prevenir paralisações na produção de agregados para um determinado projecto não é uma situação indesejável. Com o sistema Metso *DNA*, a Odebrecht ganha ainda mais controlo sobre a calendarização das suas obras (KHL, 2013).



Figura 32 – Sistema Metso DNA em funcionamento (Fonte: [http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110328-2256F-38BDA/\\$File/Metso_DNA_upgrades_125958_v02.jpg](http://www.metso.com/Automation/ip_prod.nsf/WebWID/WTB-110328-2256F-38BDA/$File/Metso_DNA_upgrades_125958_v02.jpg), 2014).

2.7. Higiene e Segurança no Trabalho

O trabalho em pedreiras envolve grandes riscos, factores de risco potenciadores de doenças profissionais e acidentes de trabalho, como a queda de pedras, a existência de ruído, vibrações e poeiras, o manuseamento de explosivos, a utilização de equipamentos móveis de grande potência, o carregamento e transporte de cargas pesadas.

Sabe-se que os trabalhadores na indústria extractiva a céu aberto, pela natureza desta actividade, comportam em si um elevado grau de risco de ocorrência de acidentes. Assim, torna-se importante que o trabalho seja realizado adoptando métodos e procedimentos que contribuam para a eliminação ou redução do risco, de forma a aumentar a segurança de todos os trabalhadores.

Os acidentes de trabalho podem, na maioria das vezes, ser evitados se o conjunto do pessoal envolvido na execução dos trabalhos dedicar a devida atenção às medidas de protecção adoptadas no centro de produção e observar estritamente as disposições regulamentares em vigor (Dias, 2013).

2.7.1. Acidentes de Trabalho

Segundo a Lei nº100/97, de 13 de Setembro, Artigoº 6, refere que acidente de trabalho é aquele que se verifique no local e no tempo de trabalho e produza directa ou indirectamente lesão corporal, perturbação funcional ou doença de que resulte redução na capacidade de trabalho ou de ganho ou a morte.

Pode-se fazer a distinção entre custos directos e custos indirectos associados aos Acidentes de Trabalho. Nos custos directos encontram-se os custos segurados como salários pagos, assistência médica, os medicamentos, indemnizações e, em alguns casos, a reparação de máquinas. Nos custos indirectos encontra-se os custos não segurados como o tempo perdido para socorrer o acidentado, a investigação das causas do acidente, a recuperação do ritmo normal de trabalho, a reparação de equipamentos avariados, a baixa de produtividade, a perda de produtos, a substituição e posterior reintegração do acidentado, o prejuízo da imagem da empresa, o sofrimento do acidentado e respectiva família (Pedrosa, 2014).

Os custos indirectos são mais elevados que os directos com agravante de não estarem cobertos pelo seguro (Silva, 2007).

2.7.2. Classificação dos acidentes de trabalho

São necessários vários tipos de informação de base para classificar devidamente um acidente de trabalho. De um modo simplista, as causas do acidente, podem ser observadas segundo os seguintes critérios:

- Consequência;
- Tipo de acidente;
- Agente material da lesão;
- Natureza da lesão;
- Localização da lesão.

Nesta dissertação apenas serão abordados os 3 primeiros itens.

Como consequência do acidente, temos as que resultam em Morte, as que produzem uma incapacidade de carácter permanente no trabalhador, sendo que esta pode ser física, mental ou inclusivamente redutora da sua capacidade laboral, as que produzem uma incapacidade temporária, assim como outro tipo de acidente que embora resulte numa incapacidade para o trabalho, esta é de tal forma curta ou momentânea que é apenas considerada sem incapacidade. Segundo a OIT, para efeito de cálculo do índice de gravidade, por cada acidente mortal são atribuídos 7500 dias de trabalho perdidos.

Quanto ao tipo de acidente, e para este sector de actividade, pode-se referenciar que os mais representativos são a queda em altura, o atropelamento, os entalamentos, agentes químicos (poeiras), agentes físicos (Ruído) e agentes eléctricos (directos ou indirectos).

Quanto ao agente material da lesão, apresentam-se aqui alguns dos muitos passíveis de causar acidentes como: ferramentas, máquinas, meios de transporte, explosivos, entre outros (Silva, 2007).

2.7.3. Análise estatística dos acidentes de trabalho

Através da análise estatística dos acidentes de trabalho, consegue-se ter um conhecimento mais claro e efectivo da sinistralidade laboral. Assim, pode-se facilmente definir e ordenar as prioridades a ter no controlo dos riscos.

Não se tratando de elementos probabilísticos mais sim de dados efectivos, o seu tratamento é suportado por cálculos matemáticos que reflectem determinados índices. Esses índices permitem verificar a frequência, a incidência e a gravidade do acidente de trabalho.

Hoje em dia, a área de Higiene, Segurança e Saúde no trabalho assume uma preocupação crescente. No Gráfico 1, verifica-se um decréscimo do número de acidentes de trabalho, visto que há uma maior valorização da vida humana, quer em questões de legislação, quer em normalização específica, que tentam garantir as condições de trabalho adequadas, actuando sobre os perigos de cada operação, prevendo potenciais danos (Laginha, Miranda & Pinho, 2012).

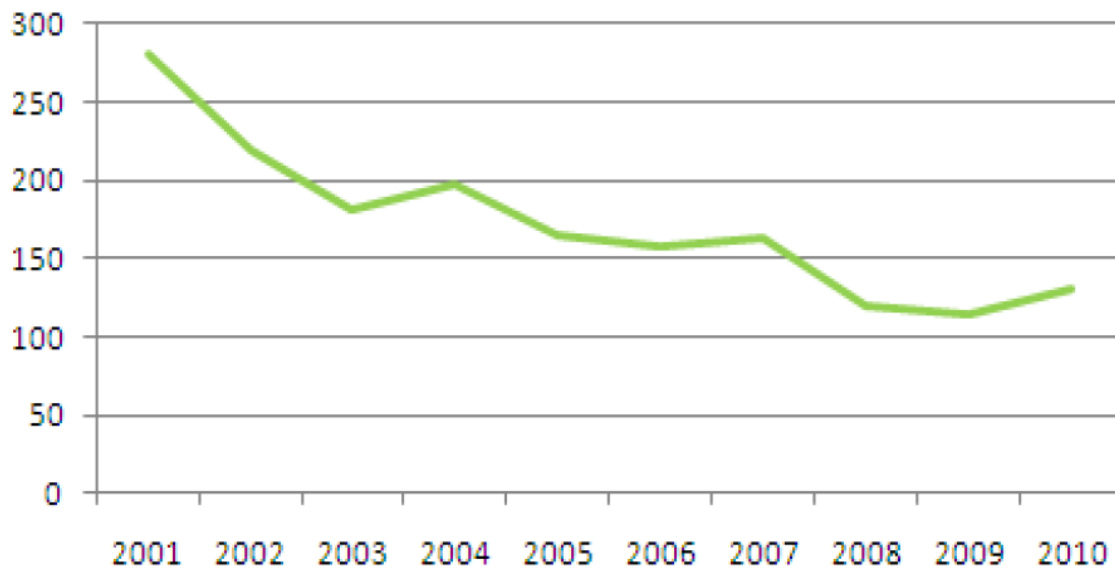


Gráfico 1 – Evolução dos Acidentes de Trabalho mortais, de 2001 a 2010 (Laginha, Miranda & Pinho, 2012).

Segundo a tabela 15, relativa aos acidentes de trabalho, elaborado pelo Gabinete de Estratégia e Planeamento, constata-se que, até 2008, e apesar da crescente importância atribuída às questões de Higiene e Segurança no Trabalho, cerca de 23% dos Acidentes de Trabalho aconteceram num local de Construção, Estaleiro, Pedreira ou Mina a Céu Aberto, dos quais 38,2% foram mortais.

Vários estudos indicam que o movimento do veículo é uma das operações mais perigosas em minas e pedreiras. Em 1997, um estudo demonstrou que 38% de todas as fatalidades em minas e pedreiras norte-americanas foram causadas por transporte motorizado (Zimmermann & Kruse, 2006), conforme demonstrado no gráfico 2.

Trata-se então de uma questão fundamental que deve ser analisada, não apenas pelo valor inquestionável da vida humana, mas pelos prejuízos associados que podem ser minimizados.

Tabela 15 – Quadro-síntese dos acidentes de trabalho e dias úteis perdidos por actividade económica, por tipo de local e por contacto (adaptado de <http://www.gep.msess.gov.pt>, 2014).

Acidentes de trabalho									
CAE-Rev. 2 ⁽¹⁾	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
C - Indústrias extractivas	Acidentes de trabalho (mortais e não mortais) por actividade económica								
	2 475	2 948	2 854	2 449	2 328	2 029	1 960	2 100	2 034
	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
	Acidentes de trabalho mortais por actividade económica								
	9	16	5	8	12	6	3	4	23
	2%	4%	1%	3%	4%	2%	1%	1%	5%
Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	Acidentes de trabalho (mortais e não mortais) por tipo de local								
	n.a.	55 657	57 566	54 238	55 361	53 767	53 334	48 952	48 551
		23%	23%	23%	24%	23%	22%	21%	20%
	Acidentes de trabalho mortais por tipo de local								
	n.a.	135	97	106	107	100	77	105	87
		37%	27%	34%	35%	33%	30%	38%	38%
Entalão, esmagamento, etc.	Acidentes de trabalho (mortais e não mortais) por contacto								
	n.a.	18 782	17 914	16 252	15 329	15 815	15 381	15 947	16 268
		8%	7%	7%	7%	7%	6%	7%	7%
	Acidentes de trabalho mortais por contacto								
	n.a.	37	30	25	30	32	22	30	26
		10%	8%	8%	10%	11%	9%	11%	11%
C - Indústrias extractivas	Dias de trabalho perdidos por actividade económica								
	73 300	82 560	102 467	68 064	75 189	72 516	75 751	74 387	70 888
Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto	Dias de trabalho perdidos por tipo de local								
	n.a.	1 864 219	1 946 205	1 555 332	1 781 929	1 765 823	1 766 564	1 684 687	1 627 855
Entalão, esmagamento, etc.	Dias de trabalho perdidos por contacto								
	n.a.	726 298	648 484	527 519	516 740	547 220	562 476	586 839	612 842

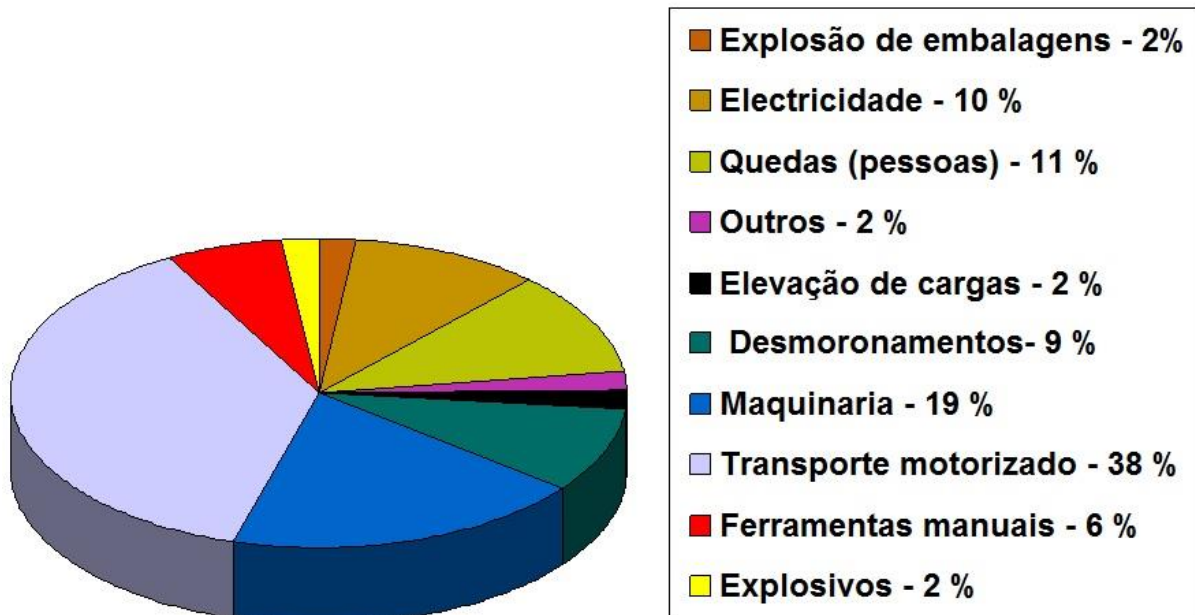


Gráfico 2 – Distribuição dos Acidentes de Trabalho por contacto, de 1997 (Metso, 2014).

2.7.4. Produtividade dos Trabalhadores

Sendo considerado um dos sectores da indústria onde os acidentes mais acontecem, segundo o GEP/MTSS (Pereira, 2009), a atribuição da classificação de indústria de risco elevado a todo um sector industrial deve-se a uma série de características inerentes à própria actividade. No caso em análise, a indústria extractiva, podemos referir a título de exemplo, a recorrente utilização de explosivos, os trabalhos realizados ao ar livre sob condições atmosféricas adversas, a produção de poeira ou a movimentação de pessoas e equipamentos pesados em espaços comuns.

Existe ainda a possibilidade de ocorrência de situações de emergência como resultado de explosões e derrocadas, não sendo de excluir a ocorrência de incêndios e inundações.

As operações analisadas nesta dissertação foram:

- Carga e Transporte do material: nesta fase efectua-se o carregamento dos *dumpers* com o material desmontado e o seu transporte para a central de britagem;
- Instalação de Britagem: trata-se da zona de produção de agregados, onde os equipamentos significativos são os de fragmentação, os de classificação e as telas de transporte dos produtos entre os diferentes equipamentos principais.

As operações de carga e transporte convencionais fazem-se com a utilização de retroescavadoras e *dumpers* (camiões industriais de grande porte e resistência). O material desmontado com dimensões inferiores às da entrada do britador, é carregado pela pá para o *dumper* que o

transporta através dos caminhos internos da pedreira para a unidade de britagem. Os blocos de maiores dimensões são sujeitos a uma operação de *taqueio* que visa a redução do seu tamanho para possibilitar a sua remoção. O material sem as características técnicas para a produção de agregados é transportado para o aterro da própria pedreira (Branco, Diogo & Batista, 2007).

Além da condução mais rápida dos camiões implicarem sempre um risco para os operadores, e da economia dos mais recentes sistemas, existem ainda outras vantagens de um sistema *IPCC* que devem ser mencionadas. O uso de britadores e transportadores móveis resulta num impacto para o ambiente significativamente reduzido. A eliminação dos camiões reduz o ruído e as emissões de gases.

Não só pela maior segurança, o menor tráfego também significa que é produzido menos poeira. Portanto, a rega de vias de circulação também pode ser reduzida. Como exemplo, um relatório de um operador de uma mina no Texas afirma que a nova correia transportadora com 3,22 quilómetros de extensão elimina mais de 140.000 ciclos, o que significa uma redução anual de 917.326 km. De facto, isso não irá só reduzir o consumo de combustível e os custos operacionais, mas também reduz a estimativa de produção de ruído (emissões PM_{10}) por transportador móvel de 95kg/dia para 3 kg/dia. Sob condições muito específicas relativas à emissão de poeira, todas as correias de transporte podem ser equipadas com uma protecção para a poeira (Zimmermann & Kruse, 2006).

Na central de britagem os produtos são submetidos a operações de fragmentação e classificação em circuito aberto ou fechado até que atinjam as dimensões comercialmente necessárias. A movimentação dos materiais entre os vários equipamentos faz-se com o recurso a tapetes transportadores (Branco, Diogo & Batista, 2007).

2.7.5. Avaliação de riscos

A avaliação de riscos constitui a base da abordagem comunitária para prevenir acidentes e problemas de saúde profissionais.

Todos os anos, milhões de pessoas lesionam-se no local de trabalho ou sofrem de problemas de saúde grave relacionados com o trabalho. É por este motivo que a avaliação de riscos é tao importante, sendo o factor-chave para um local de trabalho saudável. A avaliação de riscos é um processo dinâmico que permite às empresas e organizações implementar uma política pró-activa de gestão dos riscos no local de trabalho.

O primeiro ponto e objectivo de uma avaliação de riscos é a prevenção dos riscos profissionais, na realidade do contexto prático, nem sempre se consegue eliminar a fonte do risco, pelo que se deverá minimizá-lo tanto quanto possível, e controlar todos os factores existentes. Numa fase posterior, na revisão e actualização do programa, estes riscos deverão ser reavaliados e a possibilidade de eliminação talvez possa ser reconsiderada face às novas informações (Dias, 2014).

De todos os riscos inerentes a este sector de actividade, destacam-se os riscos químicos (poeiras), os riscos físicos (ruído e vibrações) e os riscos mecânicos (queda de objectos, queda em altura e atropelamento). Na tabela 16 é realizada uma distinção dos riscos entre os camiões e as telas transportadoras.

Tabela 16 – Distinção dos riscos entre os camiões e as telas transportadoras (+ risco; - risco; n.a. não aplicável).

	Camiões	Telas Transportadoras
Riscos Químicos (Poeiras)	+	-
Riscos Físicos (Ruído)	+	-
Riscos Físicos (Vibrações)	+	n.a.
Riscos Mecânicos (Queda de Objectos)	-	+
Riscos Mecânicos (Queda em Altura)	+	-
Riscos Mecânicos (Atropelamento)	+	n.a.

Assim, pode-se constatar que os camiões acarretam maiores riscos para a segurança e saúde de todos os trabalhadores que as telas transportadoras. Logo, conclui-se que a implementação das telas transportadoras é uma mais-valia a nível da Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho.

CAPÍTULO III



Mina de cobre em Bingham Canyon, Utah

3. CASO DE ESTUDO DA PEDREIRA DE FORNELO

- 3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS
- 3.2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA
- 3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA
- 3.4. LOCALIZAÇÃO DA PEDREIRA
- 3.5. PROJECTO DE EXPLORAÇÃO
- 3.6. APLICAÇÃO DO SISTEMA IDEAL

3. CASO DE ESTUDO DA PEDREIRA DE FORNELO

3.1. Considerações Iniciais

Tal como foi referido anteriormente, o presente trabalho teve como principal objectivo estudar os diferentes sistemas e tecnologias existentes actualmente no mercado que possam executar ou auxiliar na operação de transporte e britagem, a fim de se simular os possíveis benefícios económicos, produtivos, ambientais e de segurança associados. Será apresentado inicialmente, neste capítulo, a empresa e far-se-á uma descrição geral e respectivo enquadramento da geologia e geotecnia local, que serve de base e como condicionante a todo o processo de extracção e transformação do material-rocha. O processo de exploração e o desenvolvimento futuro da pedreira será também analisado, para se poder planear da melhor forma como o processo poderia ser optimizado.

3.2. Apresentação da Empresa

A MonteAdriano – Agregados, S.A. pertence a um grande grupo de empresas de engenharia e construção, formado em Janeiro de 2005 pela fusão de dois grandes grupos económicos, o grupo Monte & Monte e o grupo Adriano.

Apesar de todas as transformações que a empresa sofreu ao longo dos anos, será importante referir que as bases da Sociedade MonteAdriano iniciaram em 1940 através de uma empresa familiar, tendo ao longo dos anos atingido patamares de excelência nos diversos sectores.

Em Agosto de 2012, a MonteAdriano – Agregados, pertencente anteriormente ao Grupo MonteAdriano – SGPS, S.A., adere ao Vallis Construction Sector Consolidation Fund SIVAC – SIF (sociedade gestora de participações sociais, cujo capital social é detido 100% pelos seus sócios fundadores). Este fundo tem a gestão operacional das empresas dos Grupos Edifer, MonteAdriano, Hagen e Eusébios, tendo sido criado em Maio de 2013 a marca Elevo.

No que respeita à localização, a MonteAdriano – Agregados, S.A., divide-se entre a sede e os três centros de produção. É na sede que decorre a maior parte das funções administrativas, enquanto nos centros de produção, situados nos concelhos de Vila Real, Ponte de Lima e Vila do Conde decorrem todas as actividades ligadas à produção.

Os trabalhos na pedreira “Vila Verde nº 2” iniciaram-se há cerca de 30 anos estando neste momento a ser assegurados pela MonteAdriano - Agregados, S.A.

Actualmente, a empresa pretende ampliar a área da pedreira “Vila Verde nº 2” anexando aproximadamente 6,5 ha de terrenos contíguos à actual pedreira.

Na figura 33 pretende-se demonstrar a intenção da empresa exploradora: o limite azul correspondente à área actualmente licenciada para a actividade extractiva na pedreira “Vila Verde nº 2” e, a vermelho, o limite da área que pretendem anexar ao actual licenciamento.



Figura 33 – Limites da área do projecto (área Licenciada – limite azul; área de Ampliação – limite a vermelho) (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

3.3. Caracterização Geológica

Tanto a área licenciada como a área de ampliação da Pedreira “Vila Verde nº 2” localizam-se num afloramento granítico alcalino (Granito da Póvoa do Varzim).

Partindo de um conhecimento cartográfico já existente, à escala 1:50 000, respectiva notícia explicativa (Medeiros *et al.*, 1965), da bibliografia disponível e com base em dados complementares de superfície, obteve-se a cartografia geológica da área em questão.

A Pedreira de Fornelo encontra-se abrangida pela Carta Geológica de Portugal 9-A, à escala 1:50 000.

3.3.1. Enquadramento Geológico da Região

A região em estudo localiza-se predominantemente em terrenos de rochas eruptivas, num afloramento granítico alcalino (Granito da Póvoa do Varzim). Do ponto de vista geotectónico insere-se na Zona Centro-Ibérica (ZCI) do Maciço Ibérico (Pereira *et al.*, 1989; Dias *et al.*, 2000) (Figura 34).

Segundo a sistematização de rochas graníticas da ZCI de Ferreira *et al.* (1987), baseada essencialmente na intensidade da deformação impressa nas suas texturas e no enquadramento geodinâmico, a distribuição espacial destes granitóides está relacionada com os megacisalhamentos dúcteis da ZCI (i.e., a ocidente do megacisalhamento de Vigo – Vila Nova de Cerveira – Peso da Régua e a oriente do megacisalhamento do Sulco Carbonífero Dúrico-Beirão; Ferreira *et al.*, 1987; Dias *et al.*, 2000).

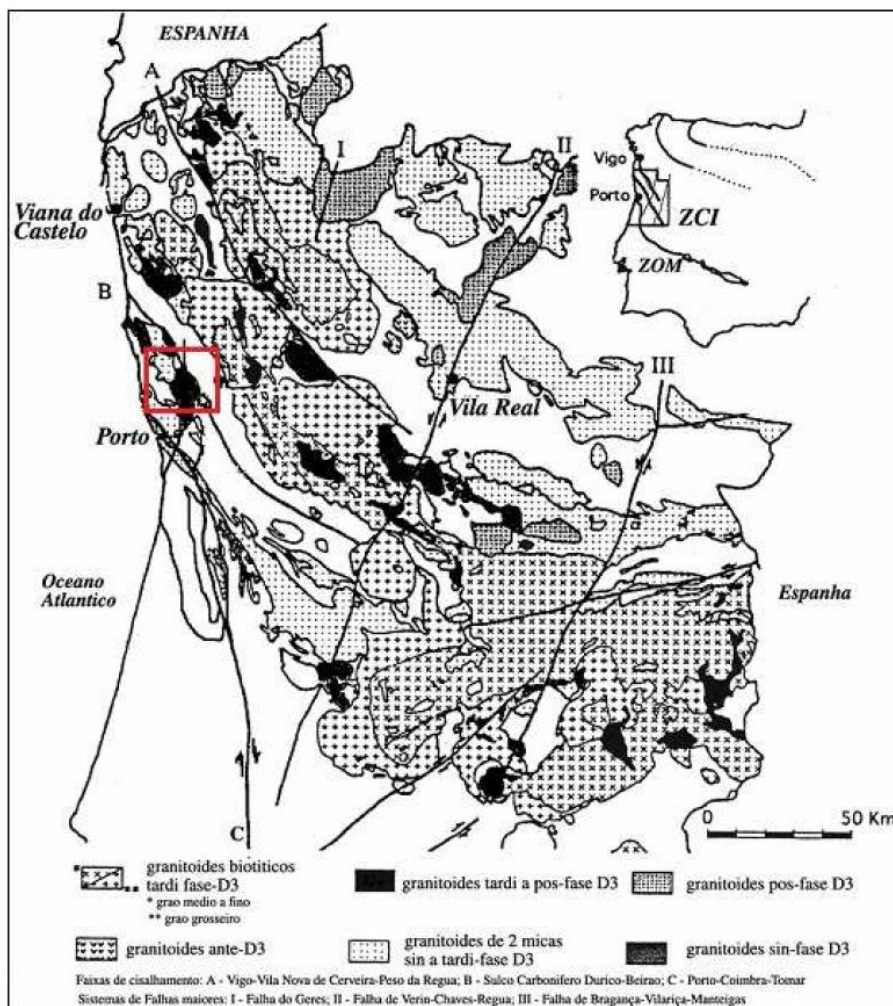


Figura 34 – Enquadramento geotectónico regional dos granitos Variscos da zona Centro-Ibérica (ZCI), bem como a visualização das principais faixas de cisalhamento e sistemas de falhas regionais do NW de Portugal – o rectângulo a vermelho representa a região onde se localiza a área em estudo (adaptado de Dias *et al.*, 2000).

3.3.2. Geologia Local

Geologicamente o local do maciço intrusivo é composto pela fácies de granito porfiróide de grão grosseiro, essencialmente biotítico de grão médio ou grosseiro (Medeiros *et al.*, 1980). Na pedreira e área de ampliação o granito tem um perfil de alteração que compreende a existência de um horizonte esquelético de terra vegetal e um horizonte de saibro granítico, esbranquiçado com espessura variável em função do tipo de transição para a rocha sã. Por último existe um horizonte de rocha sã.

Trata-se de uma rocha de grão médio a grosseiro, onde os minerais constituintes do granito, o feldspato potássico, a plagioclase e o quartzo, surgem sem evidenciarem qualquer simetria à vista desarmada. São visíveis cristais de biotite e por vezes surgem raros megacristais, em geral com contornos arredondados, de feldspato potássico (Figura 35).

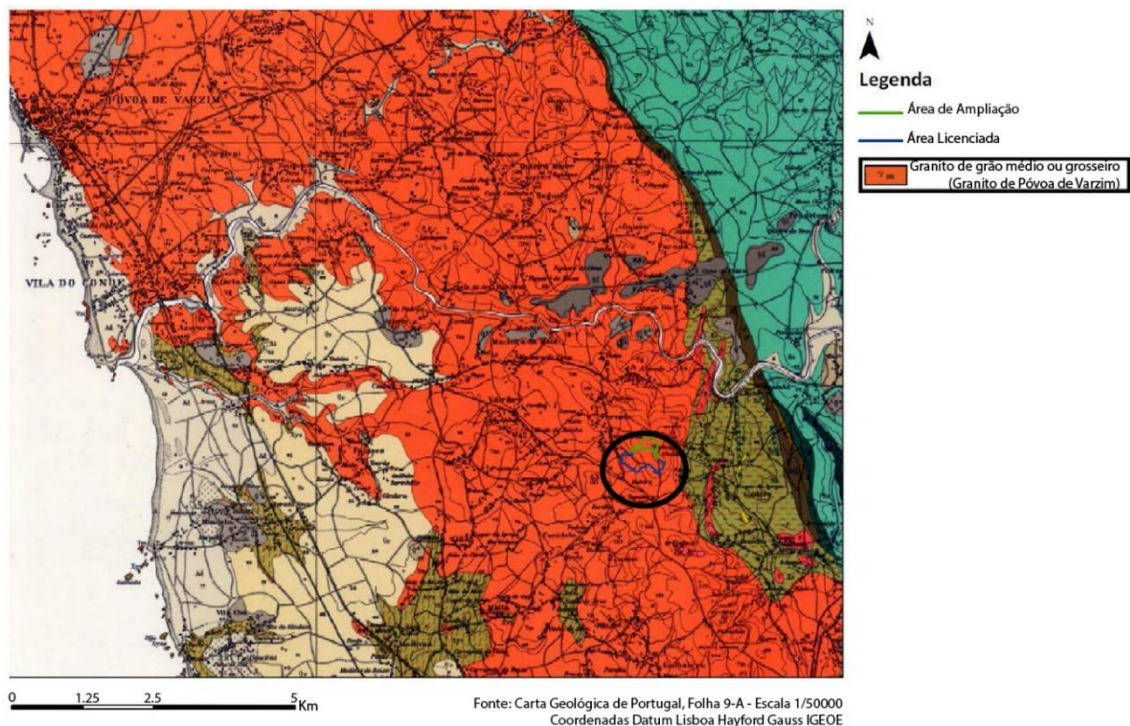


Figura 35 – Enquadramento geológico regional da área com a localização da pedreira licenciada e da ampliação (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

De acordo com o ensaio e descrição petrográfica, o granito de Fornelo foi classificado da seguinte forma: “granito ígneo intrusivo, hercínio, constituído essencialmente por quartzo, feldspato, micas e outros. Textura holocristalina, grão médio a grosseiro com tenência porfiróide”.

O grau de alteração da rocha extraída varia entre rocha sã e pouco alterada a rocha medianamente alterada de porosidade baixa a média.

3.4. Localização da Pedreira

A Pedreira de Fornelo localiza-se no distrito do Porto, concelho de Vila do Conde, freguesia de Fornelo, junto da delimitação desta com a freguesia de Guidões (Figura 36). Em termos regionais, a área em estudo situa-se na parte sul da bacia hidrográfica do Rio Ave. Esta bacia encontra-se limitada a norte pela bacia do Rio Cávado, a sul pela bacia do Rio Douro e, a oeste pelo Oceano Atlântico. A carta topográfica da região é a nº 97 – Bougado (Santo Tirso) dos serviços cartográficos do exército, à escala 1:25 000 (figura 37).

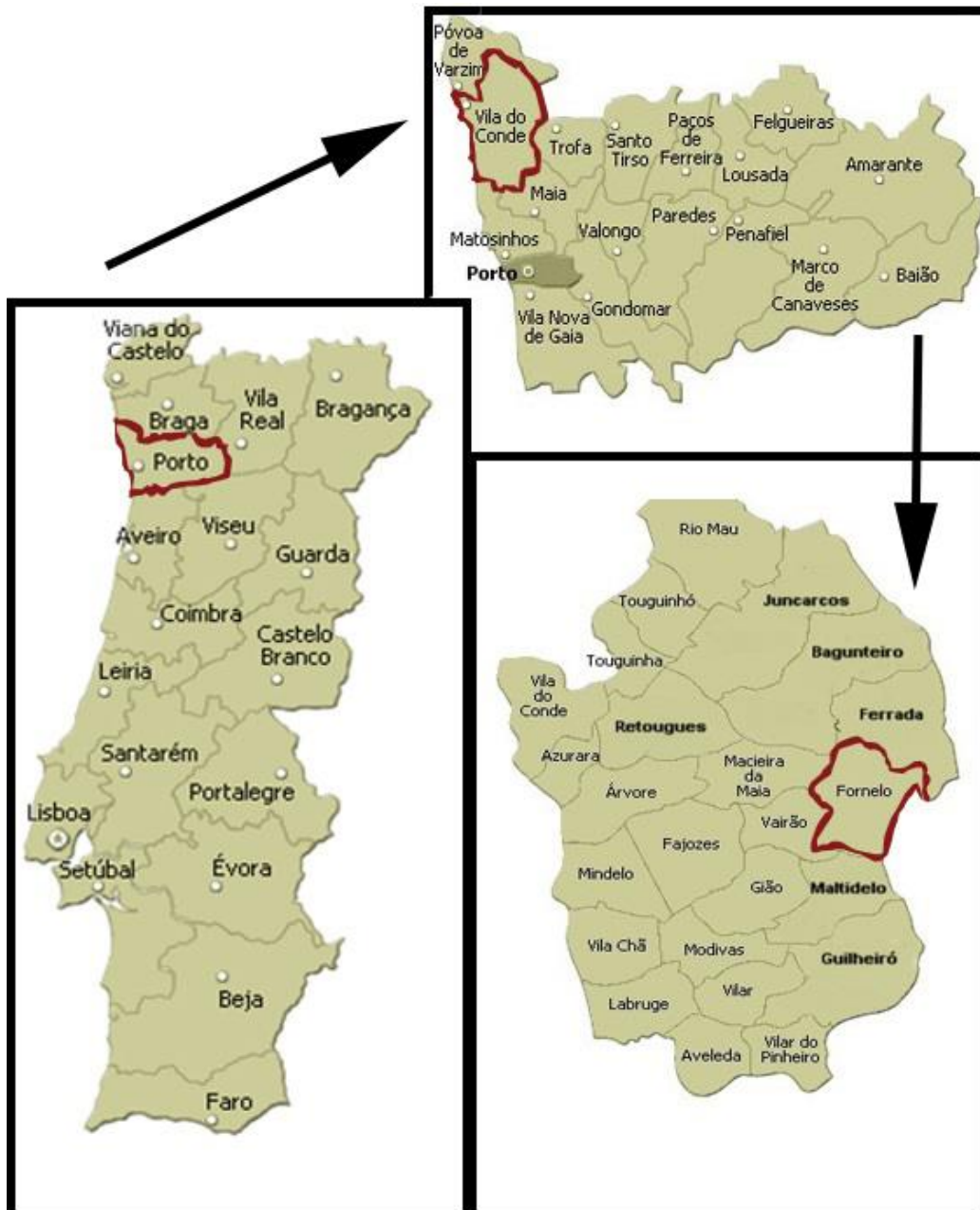


Figura 36 – Localização da Pedreira de Fornelo (adaptado de: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/82/Pt-ra.jpg/220px-Pt-ra.jpg>, 2014).

A área para onde pretendem ampliar a pedreira "Vila Verde nº 2" é contígua à actual área licenciada. Tanto a actual área licenciada da pedreira como a área de ampliação localizam-se no distrito do Porto, concelho de Vila do Conde, freguesia de Fornelo.

De salientar que a área encontra-se marginada a SE pelo limite do concelho de Vila do Conde com a Trofa.

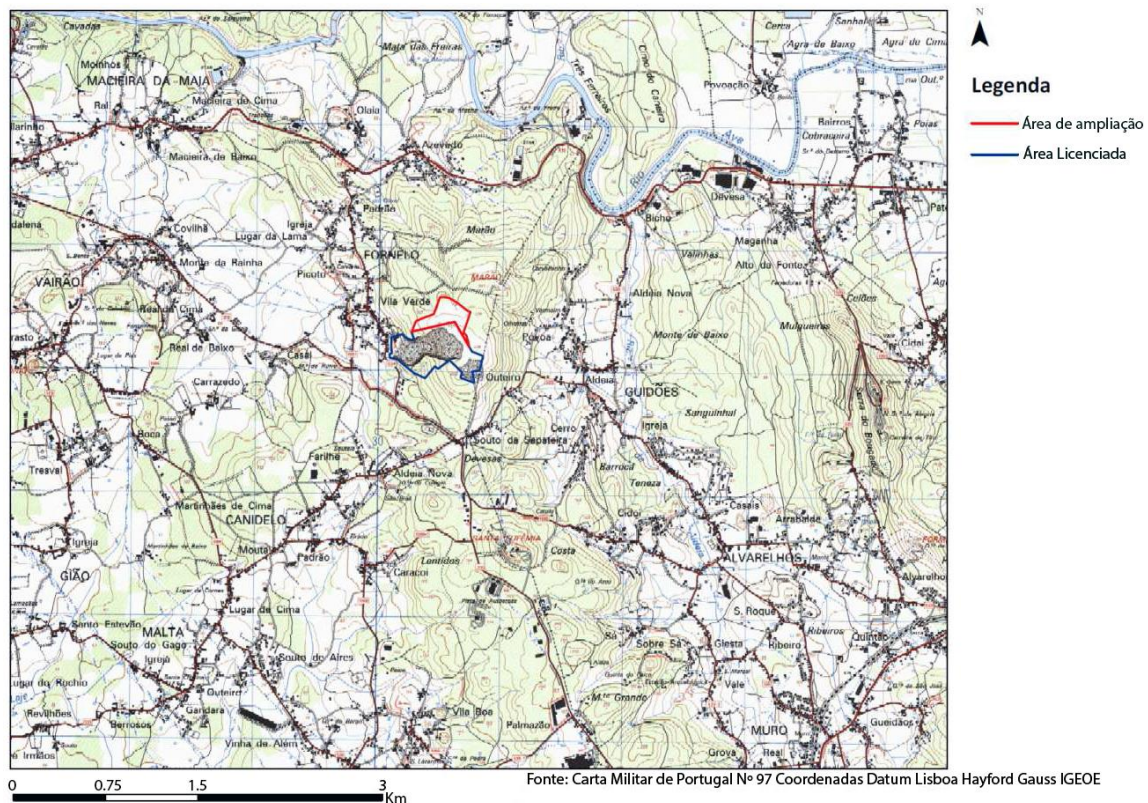


Figura 37 – Extracto da Carta Militar nº 97 com a localização da actual área licenciada da pedreira (azul) e a área de ampliação (vermelha) (Fonte: IGEOT).

3.4.1. Vias de Comunicação e Acessos

A Pedreira de Fornelo situa-se a cerca de 700m a nordeste da estrada que liga Vairão – Porto e a 400m a nascente da E.M. 534. O acesso ao local onde se encontra a pedreira e respectiva ampliação faz-se por um desvio na EM534 a cerca de 330 m do cruzamento com a entrada Vairão – Porto, a cerca de 10 km de Vila do Conde.

A proximidade à auto-estrada A28, estrada N13, ou mesmo a estrada N104, confere uma situação privilegiada no que diz respeito aos acessos da exploração e expedição do produto final que advenha tanto da actual pedreira como da futura ampliação (Figura 38). De facto, as facilidades permitidas pela rede viária existente possibilitam um eficiente e rápido recepcionamento de matérias para o normal funcionamento da actividade, assim como o escoamento dos produtos finais, contribuindo para a evolução e desenvolvimento do tecido industrial da região.

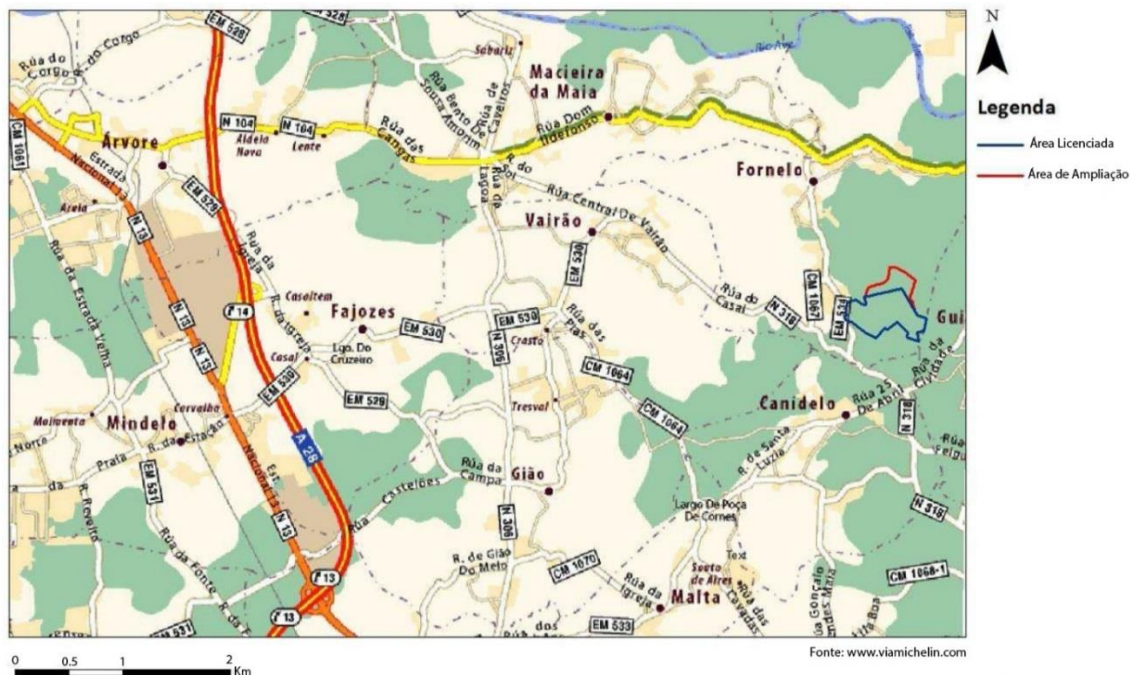


Figura 38 – Vias de comunicação e acessos à pedreira "Vila Verde nº 2" (www.viamichelin.com).

O acesso de viaturas ligeiras e pesadas ao local está assegurado através dos acessos já existentes (em boas condições), sendo que a circulação deverá ser feita de forma regrada (e cumprindo toda a legislação em vigor para esta actividade) no sentido de não trazer inconvenientes às populações vizinhas que possam de qualquer forma ser afectadas.

3.4.2. Actividades desenvolvidas na Pedreira

A MonteAdriano – Agregados, S.A. é uma empresa que se encarrega do processo produtivo na indústria de extracção de pedreiras, neste caso concreto, as siliciosas (Granitos), engloba duas actividades distintas, conhecidas por Extracção e Transformação.

Estas duas fases são sequenciais, sendo a extracção a primeira fase a ser realizada: é através desta que se obtém o rachão (material-rocha em bruto); a segunda fase compreende a transformação, nesta fase obtém-se o produto acabado, agregados britados de diferentes granulometrias.

O desmonte de rocha é realizado com recurso a degraus (Figura 39), em profundidade ou em flanco de encosta, dependendo da posição da massa mineral e do relevo do local. Assim, o ângulo do talude das explorações é de extrema importância para a sua estabilidade, e consequentemente para a segurança dos trabalhadores, instalações e equipamentos afectos à exploração, influenciando também a produtividade. Esses ângulos devem respeitar a legislação vigente, e devem ser determinados em função do tipo de rocha, da orientação e do grau de fracturação do maciço.



Figura 39 – Visualização dos degraus (bancadas).

O processo de funcionamento em pedreiras pode ser dividido em perfuração, carregamento com explosivos, detonação, carga e transporte e, por último, a britagem.

O desmonte de rocha consiste na fragmentação do maciço, reduzindo-o a granulometrias susceptíveis de serem processadas num britador. É um processo que consiste na furação da bancada, efectuada por um carro de perfuração, para posteriormente se colocar explosivos, e proceder ao seu rebentamento. Um mau desmonte pode originar excesso de vibrações e projecção de pedras a longas distâncias.

Após o desmonte, realiza-se a remoção, que consiste na limpeza da frente onde se encontra a bancada desmontada, através da utilização de uma pá carregadora ou retroescavadora giratória.

Utilizando o método tradicional, as rochas são carregadas em *dumpers*, que levam o material para uma unidade de britagem, do tipo fixo (Figura 40).



Figura 40 – Processo de descarga do material para o britador primário: a) topo da tolva; b) tolva e alimentador

Existe um conjunto de operações acessórias ou auxiliares que não se encontram directamente ligadas ao processo de produção. Dentro deste conjunto, saliente-se os trabalhos de manutenção mecânica, de serralharia e de manutenção eléctrica.

Os equipamentos utilizados na actividade extractiva desta pedreira são: o carro de perfuração, o martelo pneumático e hidráulico, a pá carregadora, a escavadora e o *dumper*.

A instalação de britagem e classificação trabalha segundo uma sequência de dois estágios sucessivos de fragmentação e classificação, através do recurso a um fragmentador de maxilas, a moinhos cónicos e crivos, até atingir as especificações pretendidas de forma a satisfazer as necessidades de produção (Figura 41).



Figura 41 – instalação de britagem e de classificação.

3.5. Projecto de Exploração

3.5.1. Antecedentes e Situação Actual

Desde o início da exploração da pedreira “Vila Verde nº 2”, que o método de desmonte se processa a céu aberto e em flanco de encosta, actualmente numa área de escavação constituída por 6 bancadas de exploração, com alturas variáveis entre os 12 e os 15 metros.

Actualmente os trabalhos de desmonte incidem essencialmente num piso entre as cotas topográficas dos 128 aos 140 metros, o que perfaz uma altura de 12 metros no que será o piso 1 da pedreira.

A MonteAdriano – Agregados S.A. procedeu já a operações de preparação de lavra na área a ampliar, visto que as reservas disponíveis na área licenciada estão a terminar.

3.5.2. Evolução Futura da Pedreira

Relativamente à situação projectada, foram definidas áreas de forma a otimizar quer os aspectos relacionados com a exploração, funcionalidade e segurança da pedreira quer com os aspectos ambientais.

Deste modo, o desmonte continuará a ser efectuado, dando continuidade aos trabalhos já existentes nos pisos em flanco de encosta, por degraus direitos e de cima para baixo de acordo com as boas regras de execução da exploração.

A evolução da pedreira (já considerando a actual área licenciada + a área de ampliação pretendida) passará em primeira instância, pela ampliação da área de desmonte actualmente existente e definição dos pisos superiores, de acordo com a configuração projectada.

Uma vez definidos os pisos e as frentes de desmonte, a evolução prevista consistirá em desmontar os pisos de cima para baixo ate atingir a configuração final.

3.5.2.1. Largura e Altura dos Degraus

O método de exploração praticado assenta na criação de degraus, com patamares de trabalho. A altura dos degraus é habitualmente constante e a largura variável durante a fase de exploração. Por conseguinte, durante a fase de exploração a altura dos degraus não é regular, no entanto, de acordo com o previsto, a altura média prevista será de 12 m. Relativamente à largura dos degraus, esta depende da evolução dos trabalhos, não devendo ser nunca inferior a 8 m durante a fase de exploração, de modo a permitir a circulação de meios e equipamentos em condições óptimas de segurança. No que respeita à configuração projectada para os taludes em geral, para efeitos de

recuperação e de forma a salvaguardar a sua estabilidade, prevê-se que sejam constituídos patamares com largura média de 4 metros, na sua configuração final.

É importante salientar que, dadas as características geológicas e geotécnicas (capacidade de auto-sustentação) do local em estudo, a própria massa mineral servirá de maciço de protecção, pelo que existirão perdas de material com valor comercial, que não será extraído. De acordo com o tipo de maciço e com a prática corrente, a configuração apontada para os degraus, prevê um factor de segurança bastante elevado, pelo que, com o decorrer das operações de desmonte, por questões de ordem técnica ou visando o aproveitamento racional da massa mineral, a sua configuração, poderá ser revista através da aferição mais cuidada das características geotécnicas do local, especialmente, no que diz respeito à fracturação.

A Figura 42 apresenta em perfil a configuração prevista para as bancadas durante a exploração (a) e final (b) a obter de acordo com o método de exploração preconizado. A inclinação das bancadas será de 12° durante a exploração e 20° na fase final após posterior operação de adoçamento de talude, com larguras de bancada de 9 e 4 metros, respectivamente.

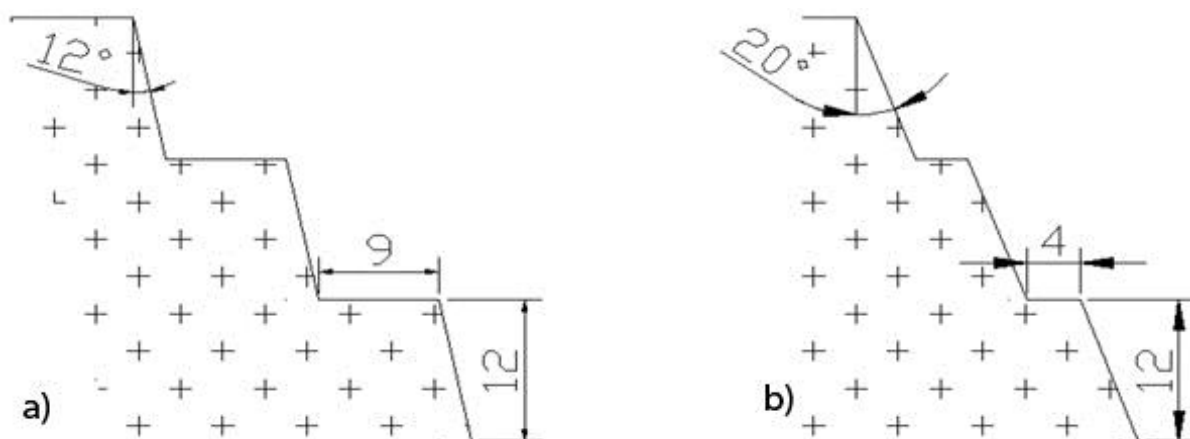


Figura 42 – Representação esquemática da altura e largura dos degraus, durante as diferentes fases de exploração e consequente inclinação do talude protecção.

3.5.2.2. Cálculo de Reservas e Faseamento da Exploração

Na Tabela 17, consta um resumo das áreas funcionais previstas no Plano de Lavra, de acordo com a lavra projectada para a pedreira.

Tabela 17 – Síntese das áreas previstas para a pedreira

Designação	Áreas (m ²)
Área Licenciada	215.500
Área de Ampliação	68.424
Área Total (Licenciada + ampliação)	283.924
Área não intervencionada	32.360
Área intervencionada	251.564
Área de desmonte máxima (actual + alargamentos previstos)	105.000
Área de zonas de defesa*	29.088

* Parte da zona de defesa na pedreira encontra-se intervencionada, mas não foi, nem será, alvo de exploração. No entanto foram realizadas operações de decapagem, e encontram-se sobre esta alguns dos anexos de pedreira especialmente na zona já licenciada.

O cálculo das reservas exploráveis na pedreira foi efectuado fundamentado nos diversos pressupostos aos quais obedeceu a projecção e planeamento da exploração, nomeadamente a legislação que rege a actividade, as áreas passíveis de exploração dos volumes extraídos, os volumes comerciais e a evolução da lavra prevista ao longo dos anos para a pedreira.

Para o cálculo de reservas, o volume de granito explorável por piso, é aproximado a um paralelepípedo, de acordo com a massa que se pretende explorar e a topografia, o cálculo de reservas foi obtido utilizando o esquema da Figura 43.

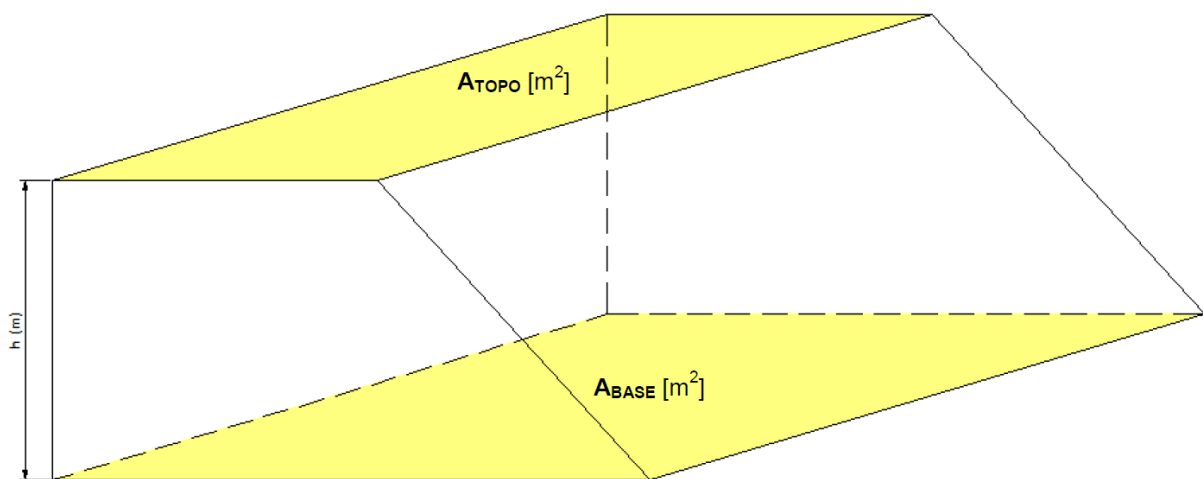


Figura 43 – Representação do sólido utilizado para cálculo das reservas a explorar na pedreira. (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

Em que:

$$\text{Equação 1 – Reservas Exploráveis Por Piso (Ri)} = ((A_{\text{topo}} + A_{\text{base}}) / 2) \times h \text{ [m}^3\text{]}$$

O somatório das reservas exploráveis calculadas para os diversos pisos projectados, totalizam o volume de rocha passível de extracção na pedreira, conforme a seguinte expressão:

$$\text{Equação 2 – Volume de Rocha Explorável na exploração} = \sum Ri [m^3]$$

A Tabela 18, e de acordo com o Plano de Lavra, apresenta o cálculo das reservas exploráveis para a pedreira “Vila Verde nº 2”. Este cálculo foi realizado por fase de exploração apresentando-se em seguida os resultados faseados e cumulativos.

Tabela 18 – Cálculo das reservas exploráveis durante as diferentes fases.

	Piso Explorado	Cota Topo	Cota Base	Altura (m)
Fase 1	1	128	140	12
	5	176	188	12
	6	188	200	12
	7	200	212	12
	8	212	216	4
	Volume desmontado (m³)		490 503,95	
Fase 2	2	140	152	12
	3	152	164	12
	4	164	176	12
	Volume desmontado (m³)		379 478,07	
Fase 3	1	128	140	12
	Volume desmontado (m³)		160 212,59	
Fase 4 (Final)	1	128	140	12
	2	140	152	12
	3	152	164	12
	4	164	176	12
	5	176	188	12
	6	188	200	12
	7	200	212	12
	8	212	224	12
	Volume desmontado (m³)		2 477 415,26	
Total de Reservas Exploráveis (m³)			3 507 609,88	

De acordo com os pressupostos referidos que resultam no planeamento da exploração apresentado nas peças desenhadas em anexo, estima-se que as reservas exploráveis na actual pedreira licenciada “Vila Verde nº 2” e com a inclusão da ampliação sejam, da ordem dos 3 507 609,88 m³.

Este faseamento será retomado de forma pormenorizada, em subcapítulo posterior, no cronograma da lavra articulado com o PARP (desenvolvido para o horizonte temporal calculado).

3.5.2.3. Tempo de Vida Útil

O tempo de vida útil de uma pedreira corresponde ao tempo necessário para a extracção das reservas calculadas a uma determinada taxa de extracção.

No caso da pedreira “Vila Verde nº 2” a capacidade extractiva, de acordo com os meios afectos em pleno funcionamento, é em média 200 000 toneladas/ano. Para efeitos de cálculo de vida útil, e recorrendo à massa volúmica média para o granito explorado na pedreira (2603 kg/ m³), anualmente são explorados 76 923 m³ de granito.

Tendo o objectivo de extrair a totalidade das reservas exploráveis calculadas, de 3 507 609,88 m³, estima-se que o tempo de vida útil para a exploração seja de **aproximadamente 45 anos** (Tabela 19).

Tabela 19 – tempo de vida útil da Pedreira de Fornelo (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

Fase	Volume (m ³)	Tempo Útil de Exploração
1	490 503,95	6
2	379 478,07	5
3	160 212,59	2
4 (Final)	2 477 415,26	32
Total	3 507 690,88	45

3.5.3. Método de Exploração

Tal como já foi referido, o método de exploração processa-se a céu aberto, em flanco de encosta, conforme o preconizado no artigo 44º do Decreto – Lei. 270/2001 de 6 de Outubro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei nº 340/2007 de 12 de Outubro, relativamente às boas regras de execução da exploração:

- O desmonte será efectuado por degraus direitos de cima para baixo;
- Será deixada uma faixa, isenta de terras de cobertura, de pelo menos 2 m de largura circundando e limitando o bordo da área de exploração.

O processo inicia-se com a decapagem das terras de cobertura que serão depositadas em pargas, para posterior utilização nas acções de recuperação paisagística.

Após a retirada das terras de cobertura, inicia-se o processo de desmonte, propriamente dito, recorrendo à utilização de explosivos para o arranque das massas minerais.

No período de vida útil de uma pedreira, tal como em qualquer exploração mineira, os trabalhos podem ser divididos nas seguintes fases:

- Fase de Construção – engloba as acções de Prospeção e Pesquisa e Trabalhos Preliminares;
- Fase de Exploração – engloba as acções de Preparação, Traçagem e Exploração propriamente dita;
- Fase de Encerramento – engloba as acções de Fecho da exploração, e Implementação/Conclusão do Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística.

3.5.3.1. Fase de Construção

Apesar de este estudo estar enquadrado num projecto de ampliação de uma pedreira em funcionamento, pode considerar-se que existiu uma fase de construção visto que para o correcto desenvolvimento da pedreira foi necessário efectuar novamente o reconhecimento geológico de superfície, o levantamento de todos os condicionalismos legais e económicos e o dimensionamento da futura exploração.

Ainda que não seja necessário implementar mais infra-estruturas de apoio visto que as existentes serão suficientes para dar continuidade aos trabalhos na área de ampliação, sendo a única infra-estrutura prevista a ser implementada posteriormente a unidade de produção de areias (unidade essa que está neste momento a ser dimensionada pela empresa), esta dissertação tem como objectivo a optimização dos sistemas de transporte utilizados actualmente na pedreira, tendo em vista as mudanças que ocorrerão em consequência da ampliação prevista. A aplicação de telas transportadoras, bem como a minimização ou mesmo a eliminação do transporte por camiões são factores a ser levados em conta e discutidos posteriormente.

Apesar de esta ter sido a fase inicial do projecto de ampliação, a empresa terá que ter sempre em atenção que nunca poderá descurar as acções de pesquisa, pois estas acções, apesar de serem consideradas trabalhos iniciais de uma qualquer exploração, são determinantes para o planeamento, no decorrer da mesma.

3.5.3.2. Fase de Exploração

Dado que a exploração se desenvolve (na actual área licenciada) e continuará (na futura área de ampliação) a desenvolver-se a céu aberto, as operações unitárias da fase de exploração são:

- Preparação e Decapagem da área a desmontar;
- Furação e Pega de Fogo;
- Limpeza da frente e Remoção/Transporte do material;
- Britagem e Classificação.

3.5.3.2.1. Preparação e Decapagem da área a desmontar

As operações de preparação e traçagem consistem em preparar a área que se pretende explorar tendo como finalidade retirar o solo existente à superfície, sobre a rocha que se pretende desmontar, dotando-a de acessos àquelas que serão as frentes de desmonte, de forma a criar as condições necessárias para o desmonte;

3.5.3.2.2. Furação e Pega de Fogo

A extracção propriamente dita é iniciada com a furação da bancada que se pretende desmontar, através de equipamento de furação hidráulico. A furação (furos de 76 mm de diâmetro), é realizada com uma inclinação de 12°, de orientação sensivelmente paralela à crista da frente, sendo definido um alinhamento a uma determinada distância à frente livre, e espaçamento entre os furos, definido nos diagramas de fogo, dos quais se apresenta um exemplo, bem como o diagrama de fogo padrão a utilizar no desmonte da área de exploração a ampliar (Figura 44).

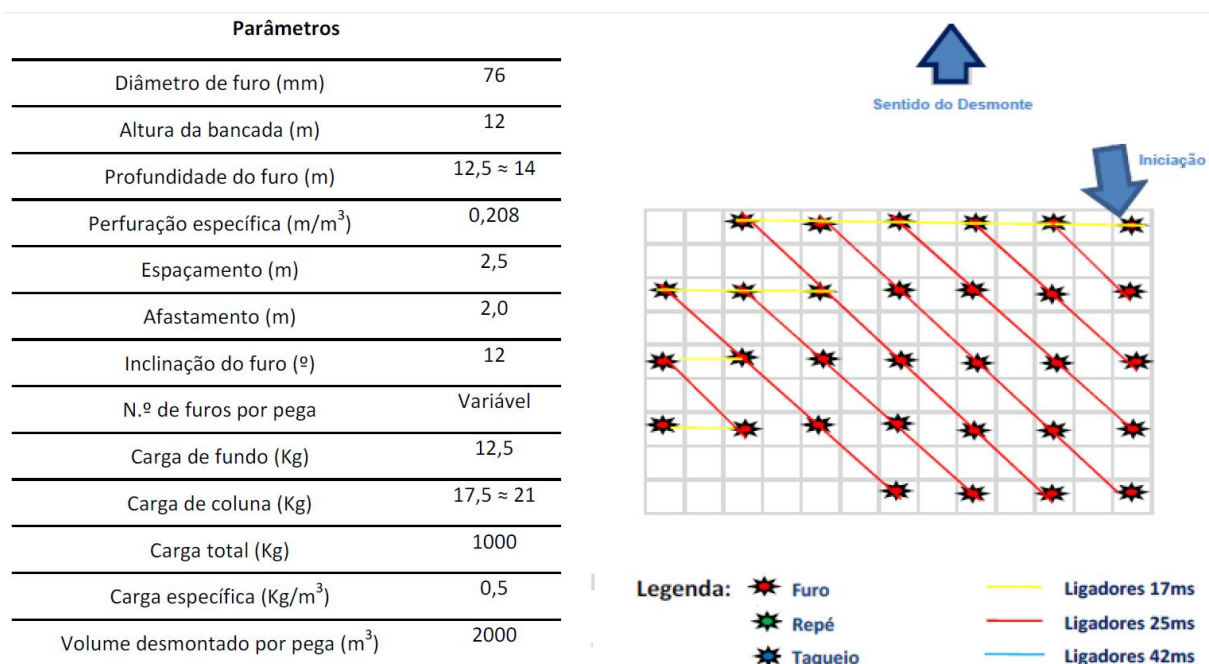


Figura 44 – Características do diagrama de fogo (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

3.5.3.2.3. Limpeza da frente e Remoção/Transporte do material

Após a remoção do material da frente, procede-se à limpeza e saneamento das frentes intervencionadas por forma a retirar todo o material que se encontre individualizado (solto) e/ou em risco de queda. As operações de limpeza de frente e transporte de material seguirão na futura área de exploração de acordo com o efectuado actualmente, assim sendo verifica-se que a empresa aplica os procedimentos, descritos resumidamente por operação, na Tabela 20.

Tabela 20 – Resumo dos procedimentos executados por operação.

Operação	Descrição
<u>Verificação do sucesso da detonação</u>	Após o desmonte da rocha através da “pega de fogo”, e verificação que todos os furos detonaram, o encarregado dá ordem para se proceder à abertura do perímetro de segurança da área envolvente. Na hipótese de se verificar que algum dos furos não detonou, a frente fica interditada durante pelo menos 5 minutos.
<u>Carga</u>	O manobrador desloca a máquina tipo pá giratória, designada pelo encarregado, para a frente de trabalho, de modo a fazer o carregamento do material proveniente do desmonte. O material de dimensões incompatíveis com a entrada na câmara do britador primário é colocado à parte, pelo manobrador da pá giratória, para ser posteriormente taqueado. Após a fragmentação de todos os blocos, o manobrador substitui o martelo demolidor hidráulico pelo balde de carga, para proceder ao carregamento de carga. Quando a carga do <i>dumper</i> está completa, seja por material tal qual ou posteriormente taqueado, o manobrador dá um sinal sonoro ao condutor avisando “carga completa”.
<u>Taqueio (Fragmentação Secundária)</u>	Aquando do taqueio o manobrador substitui o balde de carga do equipamento pelo martelo demolidor hidráulico. O manobrador faz accionar o martelo demolidor hidráulico sobre o bloco a fragmentar, tendo os seguintes cuidados: <ul style="list-style-type: none"> • O ponteiro deve trabalhar sempre na perpendicular à superfície de impacto; • Utilizar o braço da escavadora para apoiar firmemente o ponteiro sobre a superfície, mantendo a força do braço na mesma direcção em que o ponteiro penetra; • Parar o martelo em tempo devido. Não bater nunca em vazio, isto é, sem apoio na superfície; • Não “bater” durante mais de 15 segundos sobre o mesmo ponto, pois provoca elevados aquecimentos e consequentes aberturas de fissuras no ponteiro, para além de deixar de produzir trabalho útil; • Controlar a profundidade de penetração do ponteiro, não permitindo que este se prenda ao terreno.
<u>Transporte</u>	O trajecto do transporte da carga da zona do desmonte para o britador primário é decidido pelo encarregado e segue a seguinte metodologia: <ul style="list-style-type: none"> • A prioridade aquando do cruzamento entre <i>dumpers</i> é dada aquele que se encontra carregado. A circulação é feita à esquerda da pista; • Quando houver dois <i>dumpers</i> na mesma situação a prioridade será do equipamento que se encontra mais adiantado na trajectória; • A descarga do material só é iniciada após uma indicação sonora do operador do britador primário, ou através de um semáforo. Esta indicação assegura que o britador se encontra apto para receber o material, e ainda que a descarga seja feita com segurança; • No final da linha de produção de cada um dos materiais, é acumulado o agregado já na sua forma final, em pilha ou em silo; • A partir das pilhas ou dos silos, os produtos são transportados através de pá carregadora ou camião, até à área de armazenagem intermédia (devidamente identificada), onde permanecem até obtenção dos respectivos resultados.

Os acessos no interior da exploração deverão permitir a movimentação e circulação de todo o equipamento móvel, em óptimas condições de segurança.

Os acessos na área de ampliação serão introduzidos de forma faseada e sempre de forma a acompanhar as frentes de desmonte. Estes acessos são regados algumas vezes ao dia

(maioritariamente no Verão), de modo a impedir a formação de poeiras dentro da área licenciada, provocada pela circulação do equipamento móvel.

O acesso ao interior da área de desmonte e diferentes pisos, é efectuado por meio de caminhos e rampas temporárias (Figura 45).

Prevê-se que o acesso ao interior da área de ampliação seja efectuado inicialmente através dos caminhos e serventias já existentes na área licenciada.



Figura 45 – Caminhos e rampas de acesso ao interior da exploração.

3.5.3.2.4. Britagem e Classificação

Na central de britagem existem três estágios de fragmentação, o fragmentador primário realizado com um britador de maxilas, os fragmentadores secundário e terciário com recurso a moinhos cónicos. Quanto à classificação, existem dois estágios sendo os mesmos realizados por crivos vibrantes inclinados, diferenciando-se apenas as granulometrias a obter em cada um deles através dos peneiros, para atingir as especificações pretendidas de forma a satisfazer as necessidades de produção definidas no planeamento de produção.

Apresenta-se, na Figura 46, o diagrama de tratamento da instalação de britagem existente na pedreira “Vila Verde nº2”.

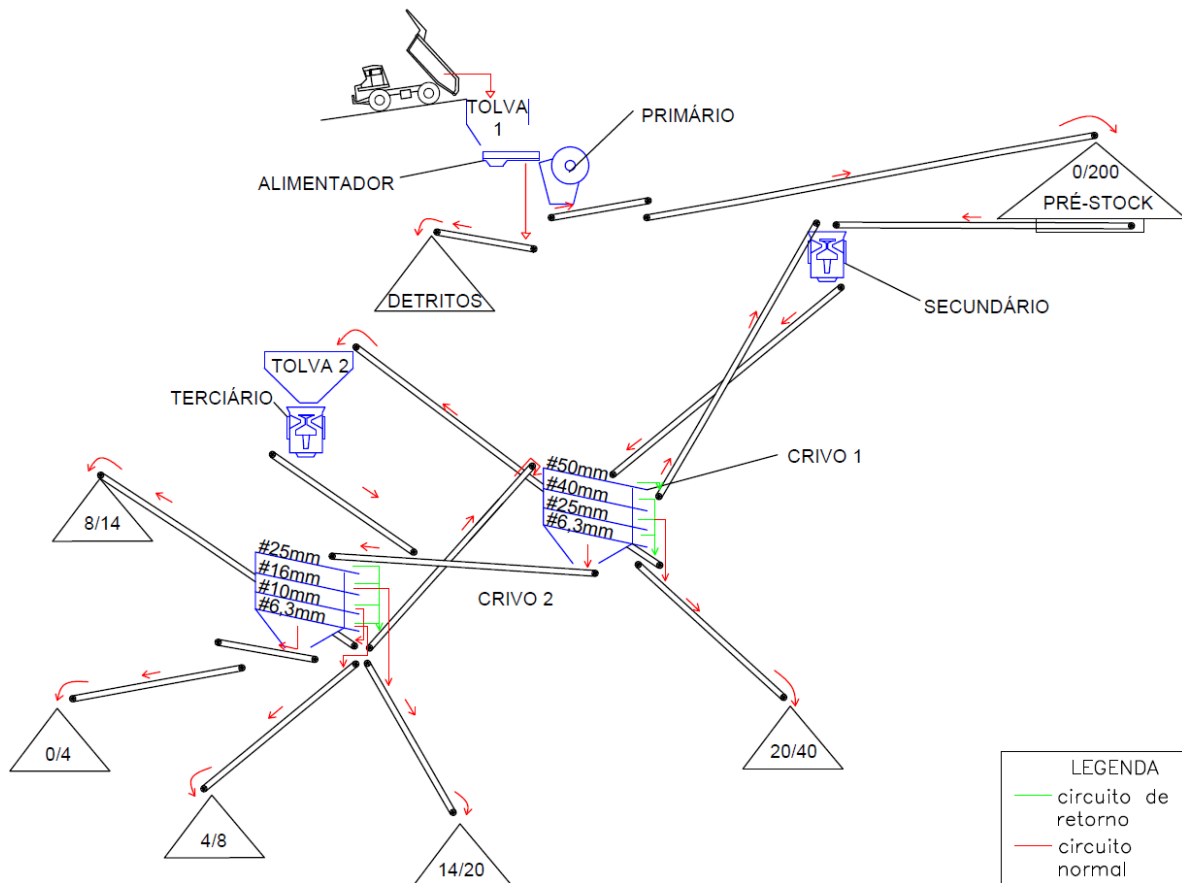


Figura 46 – Layout da instalação de britagem e classificação.

Apresenta-se, ainda, o diagrama geral das operações descritas anteriormente da pedreira “Vila Verde nº2” (Figura 47).

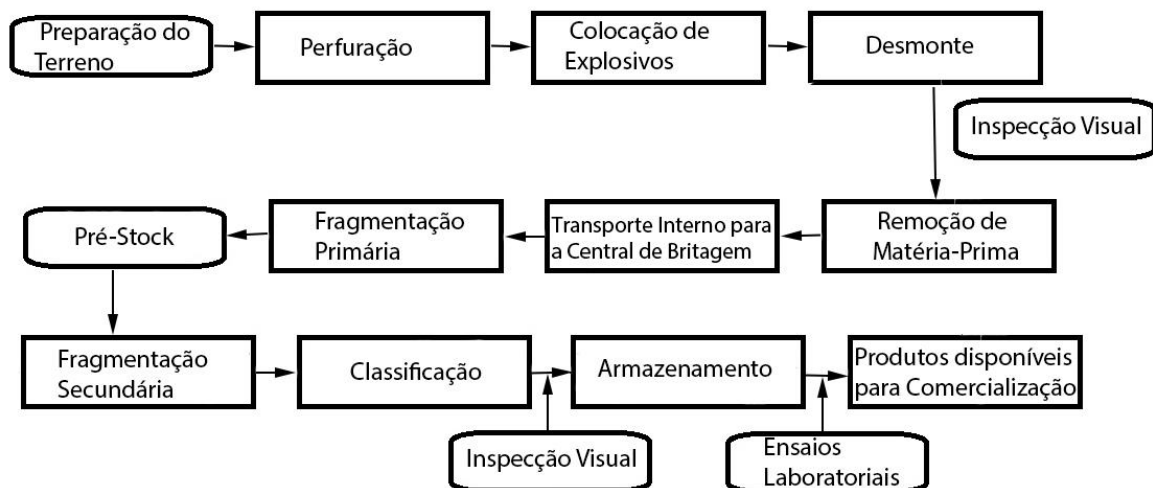


Figura 47 – Diagrama geral do processo produtivo.

3.5.3.2.5. Abastecimento de Energia Eléctrica

Encontra-se instalado na área da pedreira um Posto de Transformação de 1380 Kva que abastece a instalação industrial e as instalações sociais.

3.5.3.2.6. Recursos Humanos

Os recursos humanos necessários a este tipo de explorações são compostos essencialmente por operários indiferenciados, orientados por um encarregado. A Tabela 21 apresenta a listagem dos recursos humanos afectos à pedreira de modo a garantir os trabalhos necessários, sendo eles do quadro da empresa MonteAdriano Agregados – S.A.. Deste quadro pertencem exclusivamente à pedreira 5 funcionários.

Tabela 21 – Listagem de trabalhadores afectos à exploração.

Categoria Profissional	Local Afecto	Nº de Trabalhadores
Operador Primário	Central de Britagem	1
Operador da Central de Britagem		1
Manobrador Giratória	Equipamento Móvel	3
Manobrador de Dumper		3
Manobrador de Pá Carregadora		2
Encarregado	Estrutura Geral	1
Administrativo		1
Serralheiro		1
Electricista		1
Director Técnico/Director do Centro de Produção		1
Total		16

3.5.3.2.7. Equipamentos

Na Tabela 22 encontra-se discriminado o equipamento que a empresa dispõe para a exploração na pedreira, transformação dos produtos e anexos de pedreira.

De referir que a listagem de equipamentos móveis, é referente à utilizada pela empresa durante a realização do presente projecto.

Estes equipamentos são alugados e poderão desta forma sofrer algumas alterações caso deixem de ser necessários, ou pelo contrário poderá anexar-se mais equipamento à listagem abaixo se houver uma solicitação maior de trabalho na pedreira.

Tabela 22 – Equipamento produtivo.

	Equipamento	Marca	Modelo	Potência Kw)
Equipamento Móvel	Escavadora Hidráulica	Komatsu	PC450LC-6	228
	Retroescavadora	Fiat – Hitachi	FB 100/2-4PT	81
	Pá Carregadora	Komatsu	WA 470-SH	194
	<i>Dumpers</i>	Euclid	R32	298
		Euclid	R32	298
	<i>Bulldozer</i>	Komatsu	D155AX-5	228
Equipamento Fixo – Central de Britagem	Alimentador	SVEDALA	VMHC 48715	22
	Primário	SVEDALA	JM1211HD	132
	Secundário	SVEDALA	H4000	220
	Crivo 1	SVEDALA	CC126	22
	Terciário	SVEDALA	S3000	160
	Crivo 2	SVEDALA	CC126	22

A pedreira "Vila Verde nº2" labora 12 meses por ano, em horário efectuado das 8:00 h às 17:00 h, de segunda-feira a sexta-feira, com pausa para almoço entre as 12:00 h e as 13:00 h.

3.5.4. Previsão Temporal da Exploração

Como já foi referido, o sector extractivo das Rochas Industriais encontra-se sempre condicionado pelas flutuações da curva de procura dos mercados, pelos avanços tecnológicos e pela dinâmica estrutural das empresas, que se reflecte sempre como um aumento ou diminuição da produção, pelo que, as previsões de evolução da lavra não se consideram vinculativas, mas sim como a orientação mais provável dos trabalhos ao longo da vida útil da pedreira. Visto que o tempo de vida útil estimado para a pedreira, de acordo com a situação projectada, é relativamente extenso (45 anos), optou-se por apresentar a evolução da lavra em quatro fases, até ao ano 45º. As fases de exploração encontram-se assim distribuídas pelos diversos períodos de 3 anos (triénios) considerados para a posterior elaboração dos programas trienais, introduzidos pelo Decreto-Lei no 340/2007 de 12 de Outubro. Em traços gerais a sequência de trabalhos será a indicada na Tabela 23.

Tabela 23 – Correspondência entre a vida útil da pedreira, as fases de exploração e os triénios correspondentes.

Anos																						
1º			2º			3º			4º			5º			...			15º				
1	6	7	.	.	.	11	12	13	14	45	46	...
Fase 1					Fase 2					Fase 3			Fase 4							Desactivação		

No Projecto Ambiental e de Recuperação Paisagística (PARP) está previsto que os trabalhos de recuperação e enchimento da cavidade comecem no 13º ano do projecto de ampliação.

Desta forma prevê-se também caso o subproduto não seja vendido até início das operações de modelação de terreno, este esteja armazenado em segurança numa zona livre do terreno, de forma a diminuir os custos da empresa nos sistemas de carga e transporte aplicados.

Em traços gerais, o zonamento da exploração encontra-se demarcado na Figura 48 e pode-se obter uma perspectiva da evolução da lavra durante as várias fases previstas neste plano.

O desmonte será efectuado multidirecionalmente em praticamente todos os quadrantes cardeais, visto que se irá criar um novo piso no fundo da pedreira, e todos os outros pisos terão um desmonte longitudinal para criação de caminhos e rearranjo da configuração da pedreira.

Na Figura 48 encontra-se representado um esquema figurativo da evolução da exploração segundo o faseamento previsto.

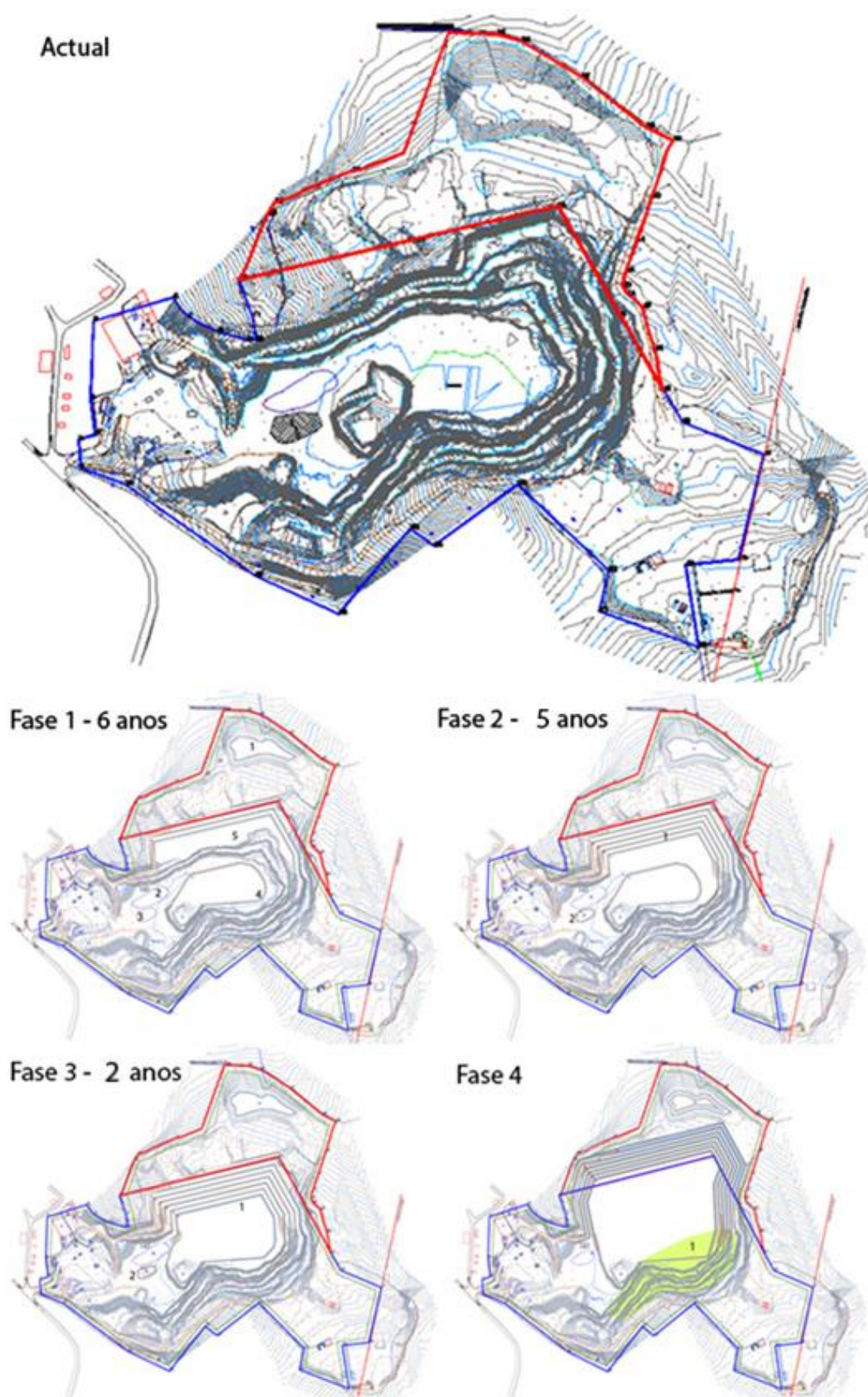


Figura 48 – Representação esquemática da evolução da exploração segundo o faseamento previsto (adaptado de Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

Em traços gerais a sequência de trabalhos será a seguinte:

FASE 1 (actual até 6 anos)

- Trabalho de decapagem de terras de cobertura para alargamento da área de desmonte na zona de ampliação;
- Encaminhamento das terras de cobertura para o aterro localizado no topo Norte da pedreira (ponto 1 – Figura 49);
- Instalação da unidade de produção de areias (ponto 2 – Figura 49);
- Armazenamento dos finos produzidos na unidade de produção de areias, num local próximo à mesma (ponto 3 – Figura 49);
- Beneficiação e construção de caminhos necessários para o avanço da exploração;
- Construção do piso 1 da pedreira entre as cotas 128 e 140 (ponto 4 – Figura 49);
- Continuação do desmonte nas frentes actualmente existentes, de forma a criar um alinhamento favorável para as futuras operações de desmonte;
- Os pisos a desmontar serão os pisos superiores entre as cotas 216 e 176, correspondendo respectivamente aos pisos 8, 7, 6 e 5 (ponto 5 – Figura 49);
- O Director do centro de produção da pedreira pretende que o desmonte se efectue favorecendo a construção de uma bancada regular no sentido longitudinal, esta operação facilitará as operações tanto de desmonte como o sistema de carga e transporte implementado;
- As condições de segurança também serão favorecidas adoptando esta configuração.

Prevê-se que no final deste período (de 6 anos), tenham sido desmontados cerca de 490 504 m³, de granito, tendo por destino a transformação em agregados de diferentes calibres e que a configuração da pedreira seja a que se apresenta na Figura 49 e em planta, no Anexo 2.

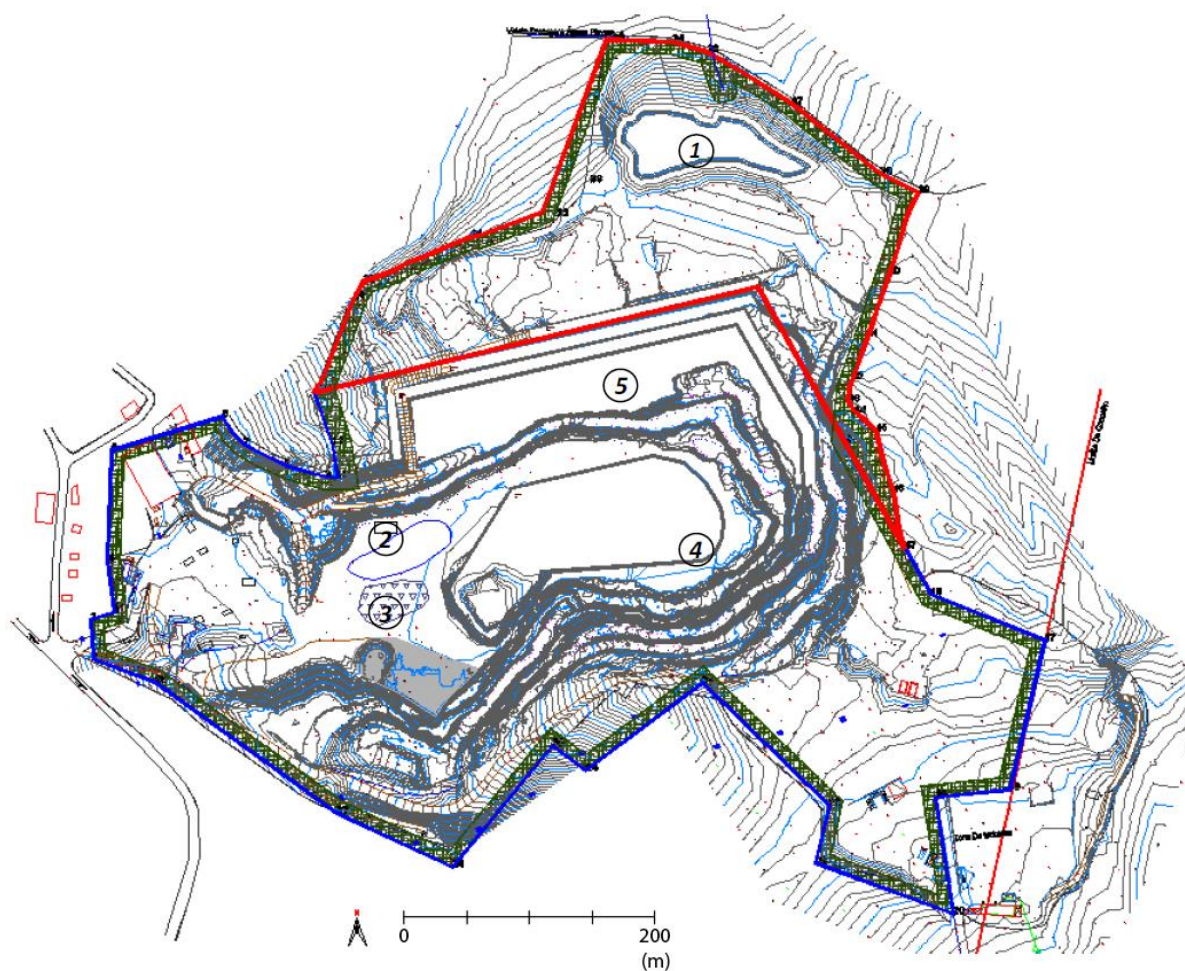


Figura 49 – Avanço da lavra e configuração no final do 6º ano (Plano de Lavra, 2013).

FASE 2 (do 6º ao 11º ano)

- Continuação do desmonte nas frentes actualmente existentes na zona licenciada em direcção à zona a ampliar, que corresponderá aos pisos 2, 3 e 4, nomeadamente entre as cotas 140 e 176;
- Não se prevêem operações de decapagem nesta fase, visto que a pedreira avançará nos níveis inferiores aos avançados na fase 1 (ponto 1 – Figura 50);
- Continuação do armazenamento dos finos produzidos na unidade de produção de areias, num local próximo à mesma (ponto 2 – Figura 50);

Durante este período prevê-se que tenham sido desmontados cerca de 379 480 m³ de granito, tendo por destino a transformação em agregados de diferentes calibres e que a configuração da pedreira seja a que se apresenta na Figura 50 e planta do Anexo 3.

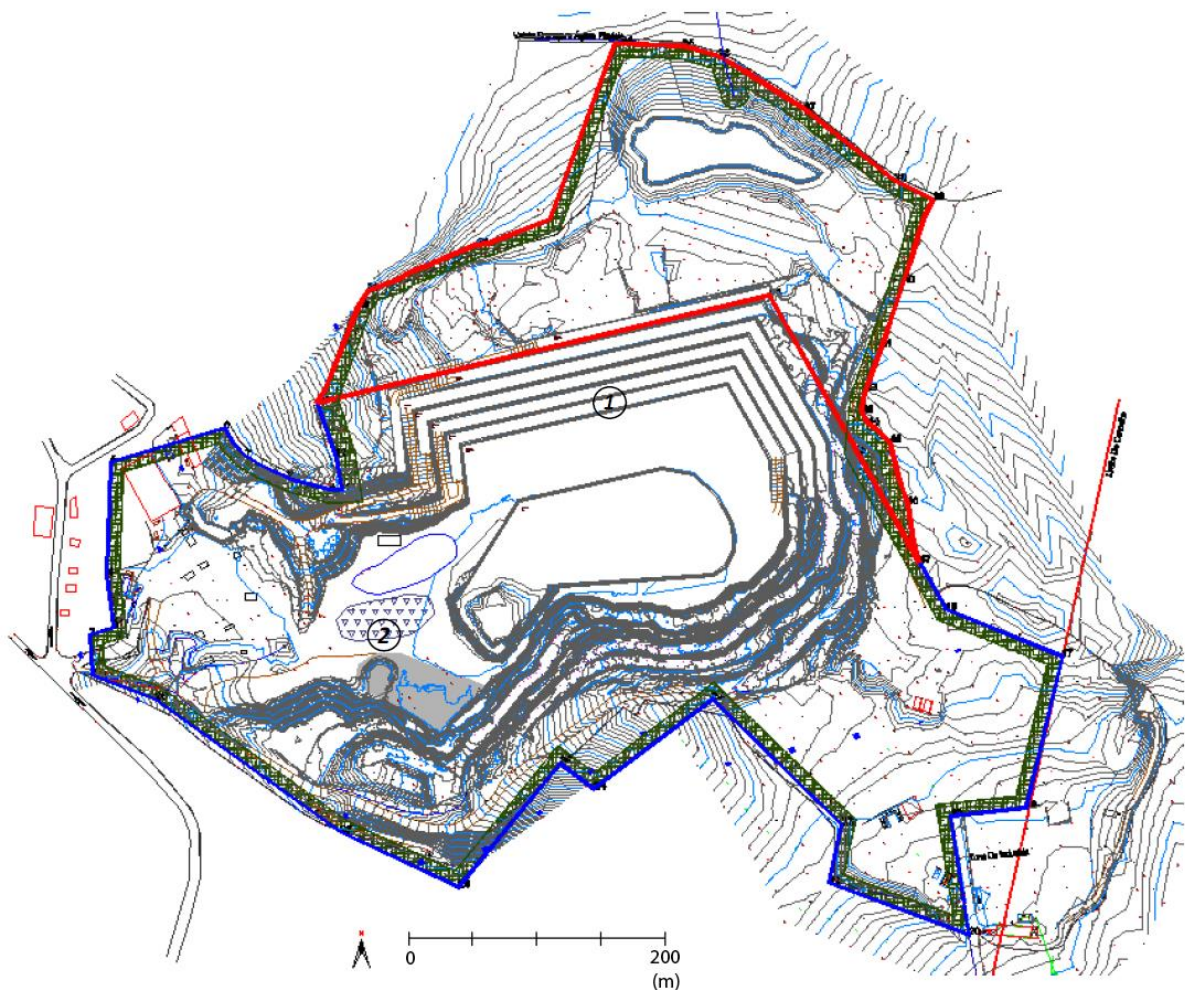


Figura 50 – Esquema de avanço da lavra e configuração no final do 11º ano (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

FASE 3 (do 11º ao 13º ano)

- A duração temporal desta fase é bastante curta e destina-se especificamente ao desmonte do piso 1 da pedreira “Vila Verde nº 2”. Os trabalhos na fase seguinte passarão pela continuação dos pisos anteriores seguindo a mesma configuração. Bancadas de 12 metros de altura com inclinações correspondentes de 12° e patamares de trabalho de 9 metros (ponto 1 – Figura 51);
- Continuação do armazenamento dos finos produzidos na unidade de produção de areias, num local próximo à mesma (ponto 2 – Figura 51);
- No sentido de optimização da exploração poderão arrancar nesta fase os trabalhos de construção dos caminhos finais de exploração, assim como a decapagem da área virgem indicada anteriormente.

Durante este período prevê-se que tenham sido desmontados cerca de 160 210 m³ de granito, tendo por destino a transformação em agregados de diferentes calibres e que a configuração da pedreira seja a que se apresenta na Figura 51 e na planta do Anexo 4.

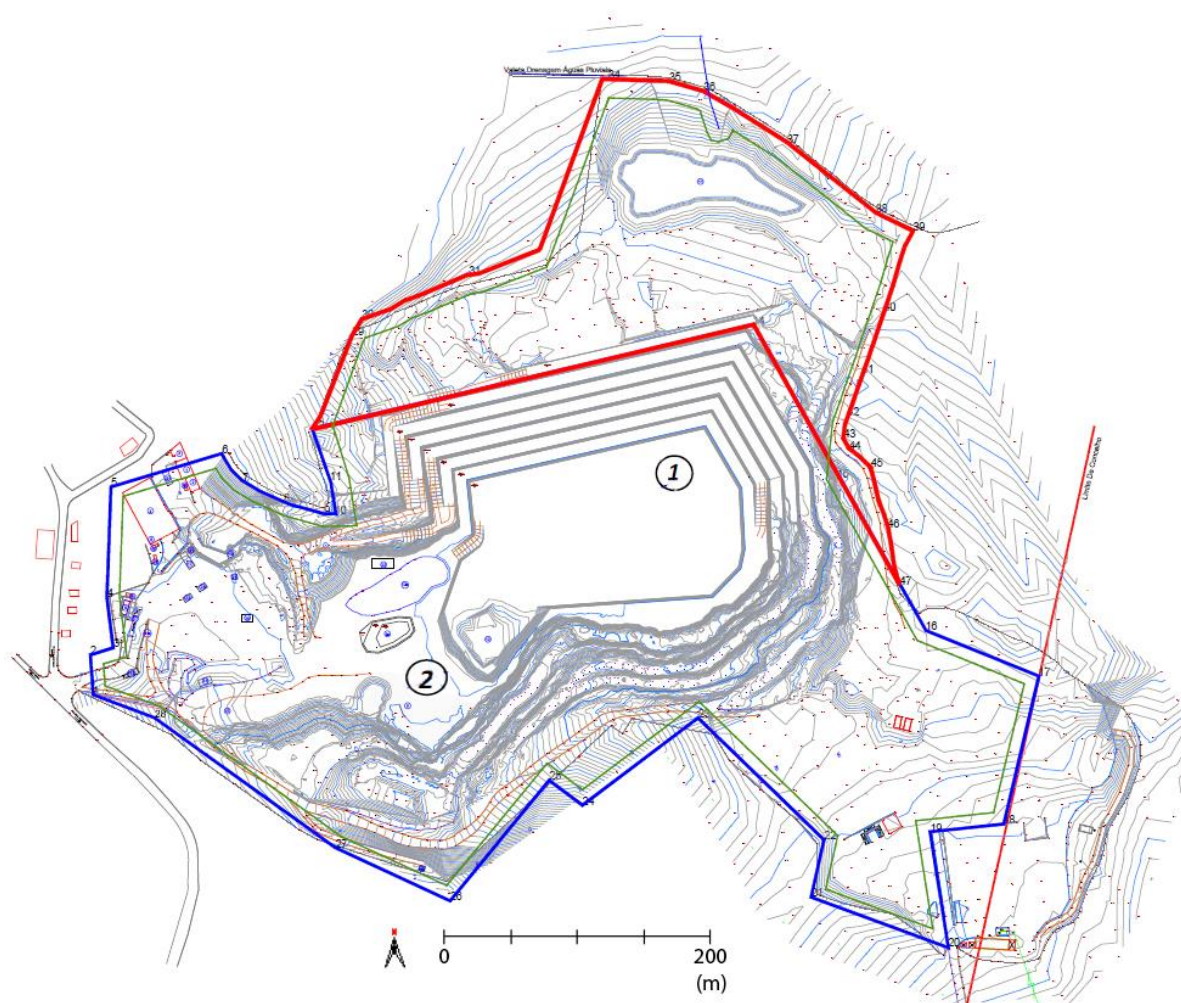


Figura 51 – Esquema de avanço da lavra e configuração no final do 13º ano (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

FASE 4

- A duração temporal desta fase, contrariamente à anterior, é bastante elevada devido às várias mudanças estruturais que ocorrerão entre a exploração e o que será a configuração final;
- Durante este tempo prevê-se, como já foi referido, que o desmonte seja efectuado por degraus direitos de cima para baixo, deixando uma faixa, isenta de terras de cobertura, de pelo menos 2 m de largura circundando e limitando o bordo da área de exploração;
- Os trabalhos após o 13º ano de exploração iniciam-se com a decapagem das terras de cobertura que serão depositadas na parga existente, para posterior utilização nas acções de recuperação paisagística;
- O desmonte ocorrerá entre as cotas 224 e 128, correspondendo a 8 bancadas de 12 metros de altura com patamares de 9 metros e inclinação de 12°;
- Quando se esgotarem as reservas previstas para a fase 4, e consequentemente para este projecto serão efectuadas operações de suavização de taludes, que se traduzem na diminuição de patamar para 4 metros de largura e alteração de inclinação da bancada de 12° para 20°;
- A partir do 13º ano irá iniciar-se o processo de enchimento da cavidade a partir das bancadas cuja exploração já tenha terminado (ponto 1 – Figura 52);

Durante este período prevê-se que tenham sido desmontados cerca de 2 477 415 m³, de granito tendo por destino a transformação em agregados de diferentes calibres e que a configuração da pedreira seja a que se apresenta na Figura 52 e na planta do Anexo 5.

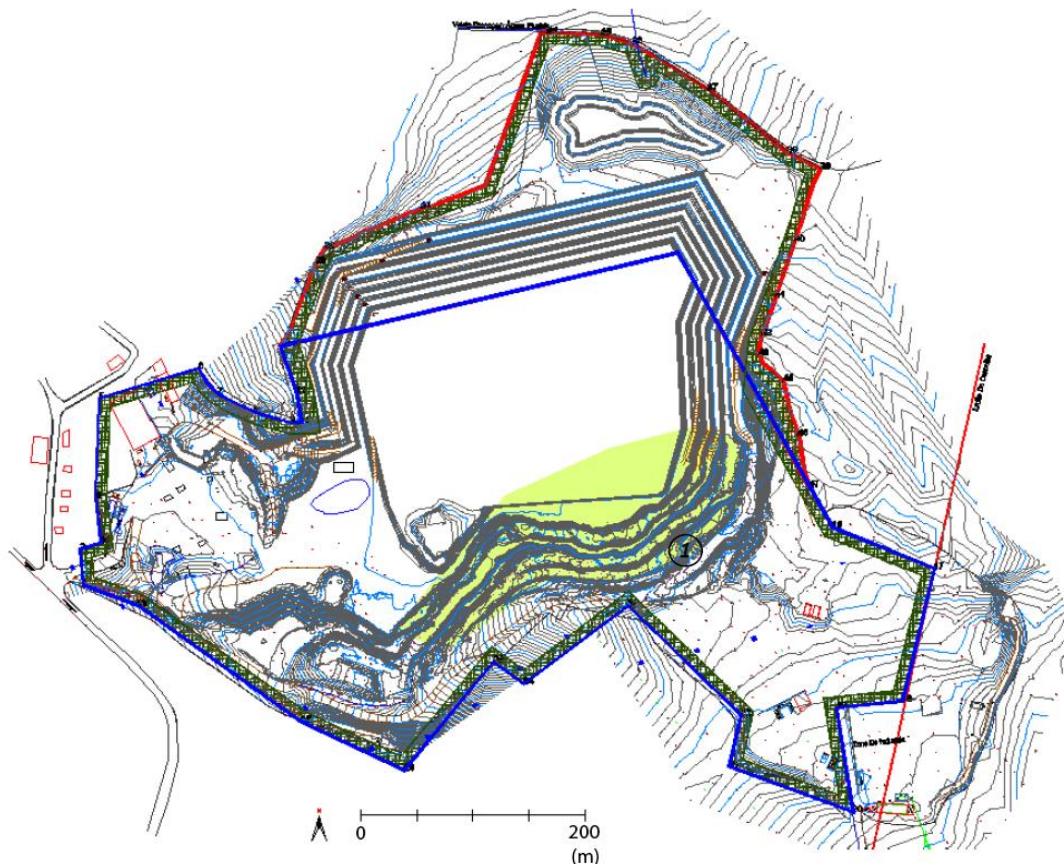


Figura 52 – Esquema de avanço da lavra e configuração na fase 4 (Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

3.6. Aplicação do Sistema Ideal

Serão desenvolvidas ao longo deste subcapítulo todas as alterações necessárias para aplicação do sistema ideal para o transporte de inertes nesta pedreira, comparando posteriormente as diferentes alternativas.

Como já foi demonstrado, os custos da movimentação de material representam uma grande parte dos custos operacionais. Apesar de estes serem bastante variáveis com a configuração da exploração e a sua localização geográfica, em todo o período de funcionamento da exploração, os custos de movimentar o material irão sempre ser elevados.

Os custos de transporte situam-se quase sempre acima de 45% dos custos operacionais na vida útil da escavação e cerca de 40-50% dos custos de investimento (Tutton & Streck).

Na tabela 24, apresentada seguidamente, serão descritos de forma resumida os equipamentos e melhorias abordados no capítulo anterior e respectiva aplicação.

Tabela 24 – Equipamentos, melhorias, descrição e objectivo e locais da aplicação

Equipamentos		Melhorias	Descrição e objectivo	Locais de aplicação
Camiões <i>Dumper</i>		Combustíveis Alternativos	Utilizar combustíveis mais económicos, reduzindo os custos operacionais	Todas as explorações.
		Aumento da Capacidade do Camião	Fazer menos ciclos de trabalho, minimizando o desgaste do camião e a frota de equipamentos	É necessário ter em conta as produções a ter para otimizar a capacidade e frota pretendida.
		Assistência Eléctrica <i>Trolley</i>	Permite a utilização de energia eléctrica, reduzindo o consumo de combustível e o desgaste do motor do camião, prolongando a sua vida útil. Aumenta a velocidade do mesmo, reduz o seu tempo de ciclo, aumenta a produtividade e permite manutenção mais espaçada.	Indicado para explorações com rampas extensas e de declive acentuado.
		Condução Autónoma	Aumenta a segurança do operador e a produção, minimiza o tempo de espera e manutenção.	Indicado para explorações de área elevada e com uma frota de camiões numerosa.
Correias Transportadoras	Apoiadas em Estações de Roletes	-	Comprovadamente o mais eficaz, permite elevada capacidade e facilidade de movimentação	Todas as explorações.
	Apoiadas em cabos-guia	-	É um transportador mais económico, requer menos energia e manutenção. Tem capacidade limitada e a sua construção requer dispositivos tensores complicados.	Mais indicada para grandes distâncias de transporte.
	De alta inclinação	-	Utilizam-se quando se pretende vencer desníveis elevados.	
Britadores Móveis		-	Utilizado para possibilitar o transporte por correias em agregados/minérios	Depende da configuração da exploração.
Transportadores Móveis		-	Utilizado para possibilitar a ligação entre um britador móvel e um sistema de correias transportadoras fixo em agregados/minérios	
Central de Britagem		<i>Software Informático</i>	Permite controlar e otimizar a operação de britagem em tempo real, aumentando a sua eficiência.	Todas as explorações.

Tendo em conta a necessidade específica de exploração em simultâneo da bancada superior para produção de rachão e posterior pré-stock, e das 4 inferiores para a produção de britas, terão de ser feitas algumas considerações:

1. Um sistema móvel ou semi-móvel não permitirá a exploração de duas frentes de trabalho, a não ser com a duplicação de equipamentos, ou com a movimentação desses equipamentos para permitir uma boa dinâmica entre bancadas, o que vai contra os requisitos ideais da aplicação, pois a movimentação destes equipamentos terá de ser reduzida a um mínimo absoluto para ter a maior eficiência;
2. Fruto da reduzida área desta pedreira (6,5ha com a ampliação) e do desenvolvimento da exploração, um sistema por telas é incompatível, devido não só à configuração dos acessos, mas também à necessidade de exploração dos diferentes materiais existentes que iria exigir um acesso para cada tipo de material, ou o trabalho apenas numa frente, com zonas de stockagem distintas.

Apresenta-se, na Tabela 24 os dois requisitos chave para aplicação do sistema de transporte ao caso de estudo.

Tabela 25 – Verificação das condições necessárias ao trabalho do britador móvel, telas transportadoras e *dumpers*.

Condição	Verificação		
	Britador Móvel	Telas Transportadoras	Dumper's
Dinâmica entre bancadas	X	X	√
Existência de Acessos	√	X	√

Enquanto para um sistema de transporte convencional, a maior exigência do sistema é a criação de acessos adequados (aqui já efectuados), num sistema *In-Pit* o planeamento do desenvolvimento da lavra, principalmente neste caso (pequena área e bancadas com cerca de 12 metros) é o maior desafio, devido às restrições do referido sistema.

Serão apresentadas de seguida, na Tabela 25, as condições de base para o estudo tendo em conta as características topográficas da exploração e as características e custos associados ao *setup* de transporte utilizado actualmente.

Tabela 26 – Características dos trajectos.

	Características	
	Menor	Maior
Trajectos Percorridos	350 Metros	390 Metros
Inclinações Trajectos	2%	10%
Inclinação da bancada	10°	12°
Tempo de ciclo	12 Minutos	13 Minutos
Consumo de Gasóleo	10 l/h	20 l/h
	Média	Máxima
Dimensão do material	350 Milímetros	700 Milímetros

3.6.1. Setup utilizado actualmente

Com o sistema convencional utilizado neste caso, composto por 2 camiões Euclid R32, existe mobilidade total dentro da pedreira, podendo-se efectuar a exploração de bancadas em pontos diferentes simultaneamente, dando resposta à procura do mercado.

Esta solução requer acessos próprios e adequados à circulação dos camiões, sendo este o único requisito para poder haver movimentação do material.

Irá existir uma primeira fase, em que a exploração começa e tem-se uma situação ideal de transporte, com trajectos curtos e inclinações pouco variáveis. Com o desenvolvimento da exploração, esta situação tende a ser mais desfavorável devido à distância de transporte e às inclinações acentuadas.

Terá de haver uma adequação entre a pá carregadora e a capacidade dos camiões, para minimização do tempo de ciclo da carga/descarga e para aproveitar ao máximo a capacidade do camião nos trajectos efectuados e do balde da pá na carga do camião.

3.6.2. Sistema *In-Pit*

Na aplicação deste sistema ao caso de estudo, existem alguns problemas que põem a sua eficiência em causa:

- Era necessário fazer a exploração da totalidade da bancada superior para se poder avançar para a bancada imediatamente abaixo. Isto porque a movimentação da unidade móvel de britagem terá de ser reduzida a um mínimo absoluto devido aos custos de transporte e de tempo associados a essa tarefa;
- Para existir esse mínimo absoluto de deslocação da unidade móvel, é necessária a instalação de um transportador móvel, o qual se deverá situar entre o britador móvel e a tela transportadora que se encontra fixa. Para a aplicação desse equipamento ser possível, é necessário que esteja disponível uma área de movimentação de, no mínimo, 45 m², e tal não é possível nesta exploração, visto as bancadas serem exploradas alternadamente sendo apenas mantido espaço suficiente para a circulação dos camiões;
- Para ser possível a aplicação de telas transportadoras para movimentar o material, os acessos teriam de ser alargados, pois para assegurar a mesma capacidade instalada, a tela teria no mínimo uma largura de 900 mm, em que a inclinação máxima permitida seria de 18°.

Tendo em conta as características desta exploração, e para efectuar o transporte de inertes para a instalação de britagem da maneira mais eficiente possível, irá ser necessária a criação de duas valas, que funcionarão como um “escorrega” onde os *dumpers* farão a descarga do material num determinado ponto, de qualquer bancada, e que chegará à base da escavação onde se acumulará o pré-stock de material. A necessidade de existirem duas valas deve-se ao facto de existirem dois tipos de materiais com fins diferentes e, por questões de procura no mercado, terão sempre de existir diferentes materiais disponíveis para venda.

Na base da escavação estará um britador móvel ligado a um transportador móvel que permitirá fazer a recolha e britagem primária do material, quer da pilha das bancadas superiores (rachão) quer da pilha das bancadas inferiores (britas), encaminhando-o posteriormente pela tela transportadora até à instalação de britagem.

Com este sistema, reduz-se os trajectos dos camiões a uma bancada pelo que a distância a percorrer não será maior do que a extensão da bancada a explorar. A inclinação desse mesmo trajecto será mais favorável pois nos acessos é que se encontram as inclinações e o *dumper* apenas precisará de percorrer os acessos, no máximo, duas vezes por turno, e descarregados.

Esta vala terá de respeitar as mesmas inclinações dos taludes e ter os apertos laterais para redução da velocidade dos inertes durante a descida. De seguida apresenta-se uma imagem representativa do sistema (Figura 53).

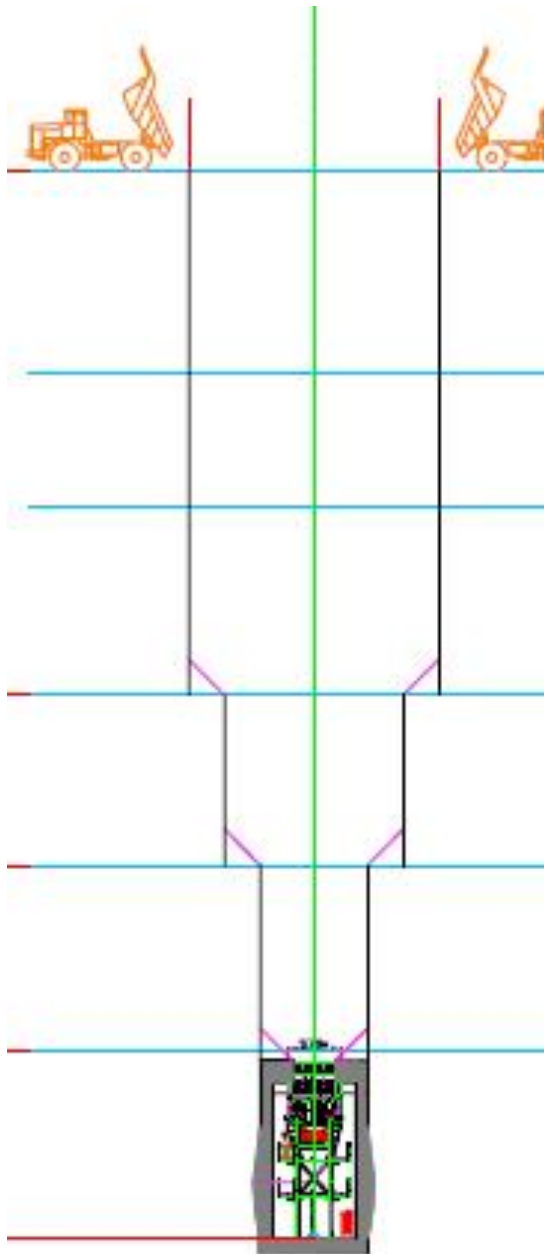


Figura 53 – Imagem representativa da vala a instalar na adopção do sistema *In-Pit*.

Desta forma, existiria uma perfeita compatibilidade na exploração das bancadas, reduzindo substancialmente a distância dos trajectos, tanto em plano horizontal como inclinado, e concentrando a circulação dos *dumppers* na bancada onde se faz o desmonte.

Esta solução iria contribuir não só para a redução dos custos de exploração, mas também terá um impacto positivo a nível ambiental, com um aumento da segurança nas operações, levando em linha de conta tudo aquilo que foi referido no capítulo anterior, em que se tem situações reais que são aplicadas a explorações com dimensões bastante maiores, que terão naturalmente outros benefícios económicos, podendo fazer a aposta em soluções já desenvolvidas mas que a movimentação de material existente assim o permite.

3.6.3. Sistema de Britagem e Transporte Móvel a aplicar

O sistema a considerar para este caso será uma solução mista, constituído por um britador móvel e um transportador móvel na bancada da base da exploração, que ficará ligada à frente de trabalho por meio de uma vala e à instalação de britagem por uma tela fixa.

3.6.3.1. Valas a executar para descarga do material

Este material será descarregado quer pelos camiões, quer por escavadoras que se encontrarão na frente de trabalho, nas valas executadas para o efeito, formando uma pilha de material pré-stock. Esta solução resolve os seguintes problemas:

- A criação de acessos compatíveis com as telas transportadoras;
- A necessidade de movimentar os equipamentos móveis, reduzindo a sua eficácia;

De acordo com o desenvolvimento da exploração, torna-se necessário a criação de mais do que uma vala, pois as cotas da frente de trabalho serão diferentes, assim como as características do material, que terão como objectivo a produção de granulometrias diferentes.

A Figura 54 demonstra a localização das valas tendo em conta a fase da exploração em que se encontra e o menor trajecto possível a percorrer pelo equipamento que fará a descarga do material desmontado na vala.

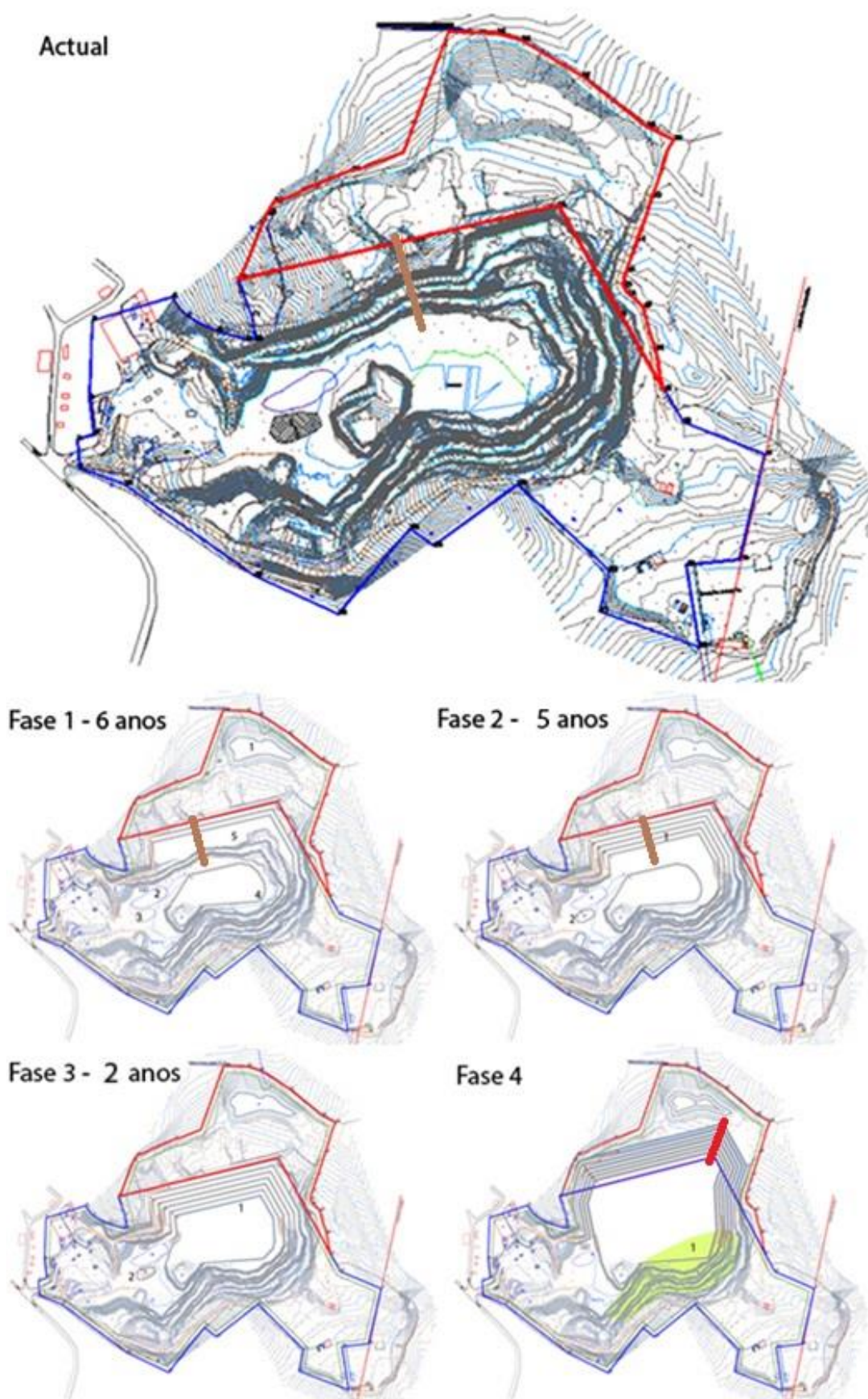


Figura 54 – Representação esquemática da localização das valas segundo o faseamento previsto (adaptado de Plano de Lavra de Fornelo, 2013).

De acordo com o referido anteriormente, na Fase 1 teremos:

- A construção do piso 1 da pedreira entre as cotas 128 e 140 (ponto 4 – Figura 47);
- A continuação do desmonte nas frentes actualmente existentes, de forma a criar um alinhamento favorável para as futuras operações de desmonte;
- Os pisos a desmontar serão os pisos superiores entre as cotas 216 e 176, correspondendo respectivamente aos pisos 8, 7, 6 e 5.

Face a estas três considerações, e sabendo que o piso base da pedreira será regularizado, onde estarão os equipamentos de britagem e transporte móvel, interessa que a vala fique numa zona intermédia das bancadas superiores, de forma a minimizar o trajecto efectuado pelo *dumper* e que os equipamentos móveis tenham acesso à pilha criada, ficando junto a esta, havendo apenas uma tela fixa a transportar o material da pilha para a instalação de britagem.

Tendo em conta a Fase 2, onde se prevê a continuação do desmonte nas frentes actualmente existentes na zona licenciada em direcção à zona a ampliar, que corresponderá aos pisos 2, 3 e 4, nomeadamente entre as cotas 140 e 176, a vala a utilizar será a mesma da efectuada e utilizada na 1ª Fase. A utilização da mesma vala irá fazer com que não haja necessidade de utilizar recursos nem movimentar os equipamentos móveis e, visto que já se encontra numa zona intermédia da bancada, o maior trajecto que o camião fará para transportar o material será de apenas meia bancada.

Já na Fase 3, a duração temporal é bastante curta e destina-se especificamente ao desmonte do piso 1 da pedreira “Vila Verde nº 2”, pelo que a utilização da vala não será necessária, devido a não haver inclinações acentuadas nem distâncias elevadas entre o piso 1 da pedreira e a instalação de britagem.

Os trabalhos na fase 4 passarão pela continuação dos pisos anteriores seguindo a mesma configuração. O desmonte ocorrerá entre as cotas 224 e 128, correspondendo a 8 bancadas de 12 metros de altura com inclinações correspondentes de 12° e patamares de trabalho de 9 metros (ponto 1 – Figura 49), justificando por isso a construção de uma vala e reposição dos equipamentos móveis para transportar o material da frente de trabalho à instalação de britagem.

3.6.4. Dimensionamento do Sistema de Britagem e Transporte Móvel

Tendo em conta as alterações pretendidas no método de carga e transporte, terão de ser introduzidos, como referido anteriormente, um britador primário e um transportador móvel, ligados a uma tela fixa, que fará o transporte do material até à instalação de britagem existente. Dispensando por isso a utilização do britador primário e, consequentemente, do alimentador vibratório na instalação, pois a unidade móvel de britagem já possui um alimentador embutido.

3.6.4.1. Selecção do Britador Móvel

Na selecção do britador primário, é necessário ter em conta quer a capacidade horária que o fragmentador suporta, quer as granulometrias do material a tratar, assim como o tamanho da boca de entrada. Posto isto, é sabido que a unidade móvel de britagem da *Metso* com características indicadas para este caso é o *Lokotrack LT 96* composto por um britador de mandíbulas *Nordberg C96*. No entanto, esta unidade móvel de britagem não é compatível com o sistema de transporte móvel *Lokolink*, portanto a unidade escolhida terá de ser o *Lokotrack LT 125*, composto por um britador de mandíbulas *Nordberg C125*, em que o material após sofrer a redução pelo fragmentador terá uma dimensão máxima de 150mm. Temos então um A.P.F. de 100mm, ou seja, os 100% passados para os 150mm correspondem à curva de 100mm.

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C120	C125	C140	C145	C160	C200
Largura da abertura de alimentação, mm		800	1000	930	1060	1150	1375	1200	1250	1400	1400	1600	2000
Profundidade da abertura de alimentação, mm		510	760	580	700	800	760	870	950	1070	1100	1200	1500
Potência kW		75	110	90	110	132	160	160	160	200	200	250	400
Velocidade (rpm)		350	260	330	280	260	260	230	220	220	220	220	200
Tamanho do produto, mm	Abertura na posição fechada, mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
0-30	20												
0-35	25												
0-45	30												
0-60	40	55 - 75											
0-75	50	65 - 95											
0-90	60	80 - 110		105 - 135									
0-105	70	95 - 135	125 - 175	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270	175 - 240					
0-120	80	110 - 150	145 - 200	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300	195 - 270					
0-135	90	125 - 175	160 - 220	160 - 200	190 - 235	205 - 255	260 - 330	210 - 305					
0-150	100	140 - 190	180 - 250	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365	235 - 325	245 - 335				
0-185	125	175 - 245	220 - 310	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435	285 - 395	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-225	150	210 - 290	265 - 365	265 - 335	305 - 385	320 - 405	405 - 515	340 - 475	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-260	175	245 - 335	310 - 430	310 - 390	355 - 450	370 - 465	465 - 595	385 - 540	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		355 - 490		395 - 500	410 - 520	530 - 670		445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225								495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250								545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275										690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300											815 - 1145	1015 - 1435

Figura 55 – Capacidades e especificações técnicas para o britador primário (Fonte: <http://www.metsominerals.com>, 2014).

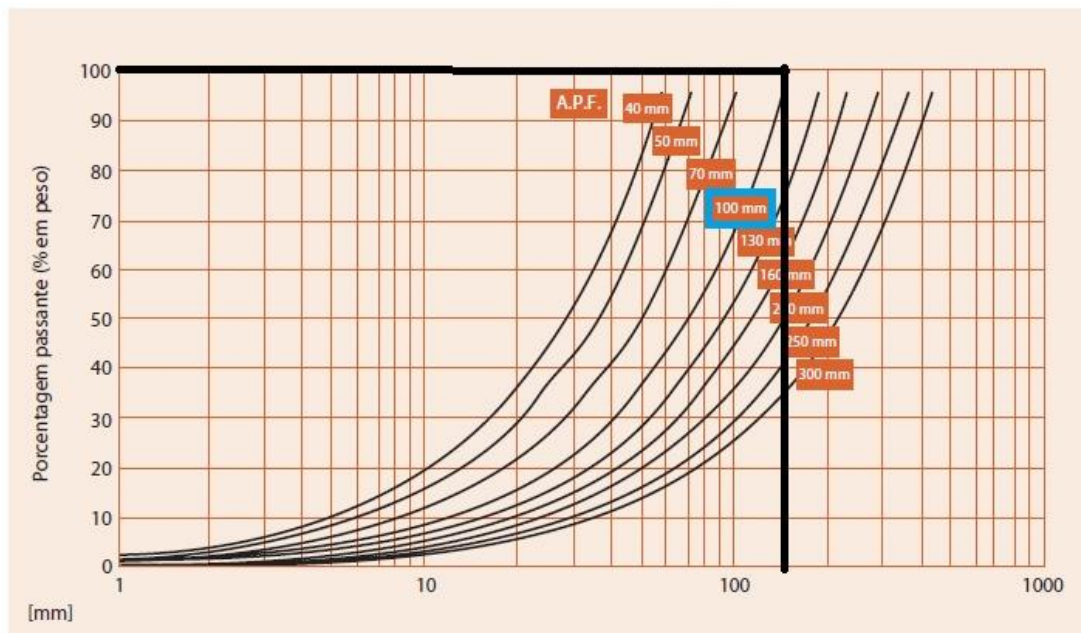


Figura 56 – Curvas para a obtenção da % de passados para cada tamanho de produto (Fonte: <http://www.metsominerals.com>, 2014).

De referir que a unidade de britagem primária existente actualmente na pedreira de Fornelo (*Svedala JM1211HD*) e o alimentador (*Svedala VMHC 48/15*) possuem em conjunto uma potência de 154Kw e o novo britador móvel possui uma potência de 310Kw.

3.6.5. Selecção do Transportador Móvel

O Transportador Móvel a aplicar, além de ser compatível com a unidade de britagem móvel, terá de ter uma largura mínima de 650mm, uma capacidade pretendida de 200t/h e a máxima dimensão de partícula do processo. Dados estes motivos optou-se pela escolha do equipamento *Nordberg Lokolink 12*.

Specification

Nordberg LL12 (one conveyor unit)

Belt width	1200 mm	(48 in)
Length c/c	36 m	(118 ft)
Power	37 kW	(50 HP)
Weight	16,000 kg	(35,000 lbs)
Capacity	1200 tph	(1320 stph)
Max. lump size	300 mm	(12 in)
Compatibility	LT125, LT140, LT1418, LT1620	

Nordberg LL16 (one conveyor unit)

Belt width	1600 mm	(63 in)
Length c/c	42 m	(138 ft)
Power	2 x 37 kW	(2 x 50 HP)
Weight	28,000 kg	(60,000 lbs)
Capacity	2000 tph	(2200 stph)
Max. lump size	350 mm	(14 in)
Compatibility	LT160, LT1620	

Figura 57 – Selecção do equipamento de transporte móvel adequado para a operação (Fonte: <http://www.metsominerals.com>, 2014).

3.6.6. Selecção da tela transportadora

As telas permitem o transporte da alimentação entre estágios de fragmentação, classificação e constituição dos lotes finais. De seguida procede-se ao dimensionamento da 1ª tela que alimenta o britador secundário (FAÇO, 1994).

- **Largura da correia (L):**

A.P.F. primário = 100mm

Material com 80% de finos = 250 mm



$L = 650\text{mm}$

- **Velocidade das correias (v):**

$L = 650\text{ mm}$



$V = 2,5\text{ m/s}$

- **Peso específico (γ), ângulo de repouso (β) e ângulo de carga (α):**

$$\gamma = 1600\text{ kg/m}^3$$

Para gravilhas secas: $\beta = 20^\circ$

$$\alpha = 25^\circ$$

- **Capacidade de carga das cintas transportadoras (C):**

$$\beta = 20^\circ$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$L = 650\text{ mm}$$



$C = 138\text{ t/h}$

- **Correcção da capacidade:** $C \times (v/1\text{m/s}) \times (\gamma/1000\text{kg/m}^3) = 138 \times 2,5 \times 1600 / 1000 = 552\text{ t/h}$ (superior ao pretendido – 200 t/h)

- **Ajustamento da velocidade** $= V \times (\text{Capacidade pretendida}/\text{Capacidade obtida}) = 2,5 \times (200\text{ t/h}/552) = 0,91\text{ m/s}$

- **Potência para mover a correia em vazio com uma velocidade de 1m/s (P_v):**

$L = 650\text{mm}$

Comprimento da correia = 160 m



$P_v = 2,3\text{ kW}$

- **Potência para mover a rocha horizontalmente (P_h):**

Comprimento da correia = 160 m

Capacidade = 250 t/h (por segurança)



$P_h = 3,6\text{ kW}$

- **Potência para movimentar ascendentemente ou descendentemente a rocha (Pe):**

Capacidade = 250 t/h

Elevação = 10 m

$$\left. \begin{array}{l} \text{Capacidade} = 250 \text{ t/h} \\ \text{Elevação} = 10 \text{ m} \end{array} \right\} \boxed{Pe = 6,8 \text{ kW}}$$

- **Potência de accionamento (Pt):**

$$Pt = Pv + Ph + Pe = 2,3 + 3,6 + 6,8 = 12,7 \text{ kW}$$

- **Potência mínima do motor:**

Considerando $f = 0,93$

$$Pm = Pt/f = 12,7/0,93 = 13,66 \text{ kW}$$

3.6.7. Dimensionamento da Potência Eléctrica da Instalação

Para o dimensionamento da potência eléctrica da instalação, realizado de acordo com regra prática sugerida no Manual de Britagem FAÇO (1994), os motores com potências inferiores a 15Cv foram considerados como motores de arranque directo e os motores com potências superiores a 15Cv como motores de arranque indirecto.

A referida regra prática aponta para o cálculo da potência eléctrica de acordo com os três critérios a seguir indicados, optando-se no final pelo maior valor calculado. Os critérios a observar são os seguintes (Faço, 1994):

- A capacidade da unidade eléctrica deve ser igual ou superior à soma das potências (Cv) de todos os motores utilizados na instalação, aumentando 25% a capacidade do maior motor. Como resultado obtém-se a potência requerida pela instalação (KVA).
- Para o maior motor de arranque directo à plena tensão, deve-se multiplicar a respectiva potência por 5. O resultado obtido expressa a potência necessária para o arranque do motor (KVA).
- Para o maior motor de arranque não directo, multiplicar a respectiva potência por 2,5. O resultado obtido expressa a potência necessária para o arranque do motor (KVA).

A Tabela 26 apresenta o cálculo da potência eléctrica a instalar na solução utilizada actualmente com base na regra descrita.

Tabela 27 – Cálculo da potência eléctrica a instalar na solução utilizada actualmente com base na regra prática (FAÇO, 1994).

Solução actual						
Equipamento	Marca	Modelo	Potência Kw)	Potência (Cv)	Nº de motores	Potência Total (Cv)
Alimentador	SVEDALA	VMHC 48715	22	30	2	60
Primário	SVEDALA	JM1211HD	132	179	1	179
Secundário	SVEDALA	H4000	220	299	1	299
Crivo 1	SVEDALA	CC126	22	30	1	30
Terciário	SVEDALA	S3000	160	218	1	218
Crivo 2	SVEDALA	CC126	22	30	1	30
Somatório Σ (KVA) =						816
1º Critério (KVA) =						890,75
2º Critério (KVA) =						150
3º Critério (KVA) =						747,5

A Tabela 27 apresenta o cálculo da potência eléctrica a instalar na solução proposta com base na regra descrita.

Tabela 28 – Cálculo da potência eléctrica a instalar na solução proposta com base na regra prática (FAÇO, 1994).

Solução Proposta						
Equipamento	Marca	Modelo	Potência Kw)	Potência (Cv)	Nº de motores	Potência Total (Cv)
Britador Móvel	Lokotrack	LT125	226	303	1	303
Transportador Móvel	Lokolink	LL12	37	50	1	50
Correia Transportadora	1ª tela		13,66	19	1	19
Secundário	SVEDALA	H4000	220	299	1	299
Crivo 1	SVEDALA	CC126	22	30	1	30
Terciário	SVEDALA	S3000	160	218	1	218
Crivo 2	SVEDALA	CC126	22	30	1	30
Somatório Σ (KVA) =						949
1º Critério (KVA) =						979,75
2º Critério (KVA) =						150
3º Critério (KVA) =						757,5

CAPÍTULO IV



Mina de Chuquibambilla no deserto do Atacama, norte do Chile.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Considerações Gerais

Neste capítulo serão apresentados dados concretos daquilo que foi a produção e os custos nos últimos anos para, desta forma, se poder analisar se aquilo que foi referido nos capítulos anteriores é compatível com o caso de estudo. Já o desenvolvimento futuro da pedreira de Fornelo servirá para simular a utilização de um sistema idealizado como o melhor para este caso, tendo em conta todas as características e particularidades deste Projecto.

4.2. Comparação entre sistemas

De acordo com a competitividade existente no mercado, e com os riscos existentes actualmente na mudança de um sistema deste tipo, há que ponderar as vantagens e desvantagens do sistema e analisar dados concretos da aplicação a este caso de estudo.

Posto isto, serão consideradas máquinas alugadas, apesar da criação da vala ter maior representatividade que a de um desmonte, o grande investimento irá residir mesmo nos equipamentos.

Sabendo que também os contractos poderão ser negociados, consoante o tempo de vida útil da utilização de equipamentos e o fornecimento de combustível ou energia, os valores apresentados serão aproximados, pois numa situação real os valores seriam exactos.

A melhor forma de analisar o novo sistema, será ter um sistema idêntico estudado numa exploração com a mesma configuração, mesma produção e mesmos equipamentos. Tal não foi possível e, dentro daquilo que é conhecido neste caso de estudo, irá ser tentado estabelecer uma

relação entre as possíveis melhorias a aplicar ao sistema existente com base em custos de transporte e em produção conseguida.

Em termos produtivos, a Tabela 28 demonstra o desenvolvimento da exploração.

Tabela 29 – Produção obtida na Pedreira de Fornelo do ano de 2010 ao ano de 2013.

Volumes Desmontados	2010	2011	2012	2013
Volume (ton.)	427 000	585 000	342 000	199 000
Carga Específica (kg/m ³)	0,361	0,392	0,429	0,453
Perfuração Específica (m/m ³)	0,124	0,12	0,173	0,142
Material W1-2	67%	70%	100%	60%
Material W3	13%	15%	0%	24%
Material W4-5	20%	15%	0%	17%

Em termos económicos, a Tabela 29 demonstra os custos associados às diferentes operações na exploração.

Tabela 30 – Custos operacionais da exploração na pedreira de Fornelo, do ano de 2010 ao ano de 2013.

		2010		2011		2012		2013	
		REALIZADO		REALIZADO		REALIZADO		REALIZADO	
Custos	DESMONTE	21%	323 865 €	15%	348 070 €	12%	193 324 €	14%	107 082 €
	CARGA E TRANSPORTE	34%	513 441 €	37%	840 621 €	31%	500 207 €	37%	278 584 €
	BRITAGEM	45%	683 059 €	48%	1 105 761 €	57%	933 075 €	49%	365 199 €
	Total	100%	1 520 365 €	100%	2 294 452 €	100%	1 626 606 €	100%	750 865 €

Podemos então afirmar que, neste período e com o sistema utilizado, se transportou 183,8 ton./h de material pelos *dumpers* que custou cerca de 252 €/h.

Entre os anos de 2008 e 2013, a operação de carga e transporte teve um peso de cerca de 33%, conforme demonstrado na Tabela 30.

Tabela 31 – Peso da operação de Carga e Transporte e respectivos custos e volumes desmontados anualmente, do ano de 2010 ao ano de 2013.

Tabela-Resumo				
Operação	Ano	Peso	Custo Total (€)	Volumes Desmontados (ton.)
Carga e Transporte	2013	37%	278.584	199 000
	2012	31%	500 207	342 000
	2011	37%	840 621	585 000
	2010	34%	513 441	427 000

Em termos de custos operacionais, e para assegurar a produção pretendida, pode-se constatar que, segundo os valores indicados na Tabela 31, os custos associados ao combustível e às manutenções diárias representam uma percentagem média de 35% do peso desta operação.

Tabela 32 – Custos operacionais associados à operação de carga e transporte, entre 2010 e 2013.

Ano	Dumper's - Movimentação do Material						
	Nº de Dumper's	Custo Unitário (€/l)	Litros de Gasóleo Consumido	Valor consumido de Gasóleo (€)	Consumos Médios (l/h)	Manutenção (€)	Horas trabalhadas (H)
2013	5	1,10	39 383	43 453	15	41 788	2 216
2012	7	1,11	90 926	100 525	12	75 031	7 129
2011	7	1,05	117 270	122 947	12	126 093	9 782
2010	7	0,87	179 317	155 419	15	77 016	12 268

Relativamente à electricidade, visto que se acrescentará uma tela de 160m ao sistema, como será demonstrado posteriormente, bem como um britador móvel, e apesar da desactivação do alimentador vibratório, britador primário, e tela transportadora para o 2º britador, será necessário comparar o consumo energético de ambas as soluções.

Posto isto, na tabela 30, apresenta-se os custos associados ao consumo energético dos equipamentos existentes. Sabendo assim que a electricidade representou uma média de 23% do peso desta operação.

Tabela 33 – Custos operacionais associados ao consumo energético (electricidade), entre 2010 e 2013.

Ano	Electricidade		
	Consumo Energético (KWh)	Custo Total (€)	Custo Unitário (€/KWh)
2013	494584,3	98850,4	0,20
2012	659433,86	130242,1	0,20
2011	1037117,3	219780,4	0,21
2010	2253616,3	368675,3	0,16

Na Tabela 33, serão apresentados os valores dos equipamentos utilizados, bem como os trajectos médios efectuados com cada caso (solução actual vs. solução proposta) e ainda o valor horário para manter a produção desejada (200 t/h).

Tabela 34 – Solução actual vs. Solução proposta, com produção de 200t/h

	Solução actual		vs.	Solução Proposta		
	Trajecto médio	Consumo médio		Maior extensão de bancada	Menor Extensão de bancada	Consumo médio
Trajecto existente e Consumo médio	370	15		215	50	10
Trajecto realizado	370			107,5	25	
Custo de combustível médio (€/l)	1,0325			1,0325		
Aluguer de Equipamentos	Camião (€/h)			Britador Móvel (€/h)	Transportador Móvel (€/h)	Camião (€/h)
	50 a 55			150	170	50 a 55
Produção exigida	200 ton./h					
Tempo de ciclo do camião	12 a 13 minutos			3,5 minutos	1 minuto	-
Necessidade de Equipamentos	2 a 3			1	1	1
Necessidade de manobreadores	2 a 3			1		1
Consumo de electricidade (KWh)	816			949		
Custo da electricidade médio (€/KWh)	0,1925			0,1925		
Valor horário (€/h)	1 827			1 765,5		
Valor (€/ton)	9,14			8,83		

Para a produção considerada, e em termos de aluguer do número de equipamentos necessário, de salário de manobreadores e de consumo de gasóleo e eletricidade, obtém-se um custo para a solução proposta de aproximadamente 96% da solução actual.

Isto deve-se essencialmente à produção exigida, pois o britador móvel está a ser subaproveitado, pelo que a sua eficiência não é alta. Os 4% de diferença para o sistema não são representativos, no entanto será interessante fazer uma simulação com o aumento da produção para 335 t/h que é quando o britador móvel (*Lokotrack*) apresenta eficiência máxima, e mesmo o britador primário existente na pedreira de Fornelo admite esse valor.

Na Tabela 34, serão apresentados os valores dos equipamentos utilizados, bem como os trajectos médios efectuados com cada caso (solução actual vs. solução proposta) e ainda o valor horário para manter uma produção superior (335 t/h).

Tabela 35 – Solução actual vs. Solução proposta, com produção de 335 t/h

	Solução actual		vs.	Solução Proposta			
	Trajecto médio	Consumo médio			Maior extensão de bancada	Menor Extensão de bancada	Consumo médio
Trajecto existente e Consumo médio	370	15		215	50	10	
Trajecto realizado	370			107,5	25		
Custo de combustível médio (€/l)	1,0325			1,0325			
Aluguer de Equipamentos	Camião (€/h)			Britador Móvel (€/h)	Transportador Móvel (€/h)	Camião (€/h)	
	50 a 55			150	170	50 a 55	
Produção exigida	335 ton./h						
Tempo de ciclo do camião	12 a 13 minutos			3,5 minutos	1 minuto	-	
Necessidade de Equipamentos	3			1	1	1	
Necessidade de manobradores	3			1		1	
Consumo de electricidade (KWh)	816			949			
Custo da electricidade médio (€/KWh)	0,1925			0,1925			
Valor horário (€/h)	2 161			1 765,5			
Valor (€/ton)	6,45			5,27			

Para a produção considerada, e em termos de aluguer do número de equipamentos necessário, de salário de manobradores e de consumo de gasóleo e electricidade, obtém-se um custo para a solução proposta de aproximadamente 82% da solução actual.

Uma poupança em cerca de 18% nos custos operacionais é bastante significativa.

CAPÍTULO V



Mina de diamante Diavik, no noroeste do Canadá.

5. CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

A aplicação de sistemas *IPCC* tem ganho grande popularidade em operações de produção de agregados. Esta aplicação permite, principalmente, a redução dos custos operacionais, permitindo também vantagens consideráveis no que toca a custos de trabalho e transporte, consumo de combustível e poluição (poeira e ruído), com o aumento da segurança nestas operações.

Actualmente, a aplicação de sistemas *IPCC* é evitada devido às estratégias de desenvolvimento de exploração da pedreira e o conhecimento da rentabilidade dos equipamentos. E mesmo nas condições mais desafiantes, como a deste caso de estudo, várias soluções podem ser encontradas e consideradas. No futuro, uma oferta de alta produtividade e o baixo custo por tonelada de produto irão gradualmente convencer as empresas a mudar o seu sistema operacional de camiões *dumper* para o recente sistema móvel.

A instalação do sistema de britagem e transporte móvel terá um impacto dramático sobre a geometria da escavação, o modo de exploração e a construção de acessos. As vantagens e desvantagens de reduzir os custos operacionais em função de geometrias de escavação mais complexas, menos flexibilidade, e os custos mais elevados de capital inicial das instalações, devem ser avaliados cuidadosamente. Isso requer planeamento detalhado das rotas de transporte, dos locais e da movimentação de britadores e da disponibilidade de inertes a explorar.

Fruto da produção existente actualmente, optimizações como a assistência eléctrica, camiões com condução autónoma e mesmo *softwares* informáticos para controlo e optimização do processo em tempo real não foram considerados, devido ao investimento necessário e à quantidade de equipamentos existente nesta pedreira.

A título informativo, as pedreiras que aplicaram com sucesso essas tecnologias, têm movimentações de 44000t/h (Murphy & Richards, 2014).

Como conclusões finais deste trabalho, podemos destacar:

- O planeamento do método de exploração é fundamental para que esta tecnologia seja implementada com a máxima eficiência possível;
- A operação de carga e transporte na indústria extractiva, nomeadamente na produção de agregados situa-se entre os 20 e os 40% como referido;
- Quanto maior a produção, mais lucrativo o sistema se torna, devido à capacidade e eficiência dos sistemas mais evoluídos;
- O combustível *diesel* tem vindo a aumentar o preço, aumento esse que é proporcionalmente superior ao que acontece no caso da electricidade;
- Os *dumpers* apresentam um risco físico (atropelamento) e químico (poeiras e emissões de gases) mais elevado para os trabalhadores;
- No caso de estudo, para uma produção de 200 t/h tem-se uma redução de custos de cerca de 2%, já para 335 t/h tem-se uma redução de custos de 18%;
- A utilização de tecnologia móvel permite uma dinâmica entre várias explorações, o que permite rentabilizar os equipamentos. No entanto, numa exploração existem certas particularidades que têm de ser respeitadas como a minimização de movimentação de equipamentos e o elevado planeamento da exploração para a eficiência do sistema ser máxima;
- O facto de se utilizar telas transportadoras na movimentação do material, permite aumentar a rentabilidade da pá escavadora, devido ao ciclo contínuo de movimentação de material;
- Actualmente existem sistemas que permitem otimizar as operações, nomeadamente em termos de *software* informático e controlo autónomo de camiões *dumper*;

A temática desenvolvida nesta dissertação poderá merecer estudos futuros. Assim, tendo em consideração os objectivos traçados para esta dissertação, sugere-se que as investigações a realizar futuramente incidam sobre:

- Planeamento e execução de valas para descarga do material, directamente pelos camiões, na soleira da exploração;
- Planeamento do desenvolvimento de uma exploração deste tipo (em degraus direitos) adequado à implementação do transporte por correias transportadoras;



Mina de Diamante Mirny, Sibéria

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allis Mineral System (1994). Manual de Britagem FAÇO. S. Paulo: FAÇO

Arndt, Transportadores por Correia, Capítulo 5, 20–47. In: http://www.transportedegraneis.ufba.br/apostila/cap5_tc.pdf, (consultado a 1 de Abril de 2014).

Australian Mining, Rio's driverless trucks move 100 million tonnes, 2013. In: <http://www.miningaustralia.com.au/news/rio-s-driverless-trucks-move-100-million-tonnes>, (consultado em Fevereiro de 2014).

Branco, J. C., Diogo, M. T., & Batista, J. (2007). Comparação da avaliação dos riscos por dois métodos correntemente utilizados na indústria extractiva. Pp 9. In: http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/406/1/106-114_2007-4.pdf, (consultado em Julho de 2014).

Bullivant, D. Current Surface Mining Techniques. Journal for the Transportation of Materials in Bulk: Bulk Solids Handling, vol. 7, nº 6, December 1987, pp827-833.

Caterpillar – Manual de Produção Caterpillar, Edição 43, 2000.

Cevalor. (2013). Plano de Lavra - Ampliação da Área da Pedreira nº 4138 “Vila Verde nº 2.”

Darling, P, 2011. SME surface mining third edition, pp 1826 (Society for Mining, Metallurgy, and Exploration: United States).

Dias, A. C. (2013). Influência dos Parâmetros geotécnicos na qualidade do desmonte de maciços rochosos fracturados (Tese de Mestrado).

Dias, G.; Ferreira, N.; Simões, P. & Mendes, A., 2000a. Syn-and late-tectonic plutonism Braga region (Field trip 1). In: Dias, G.; Noronha, F. & Ferreira, N. (eds.), Variscan plutonism in the

Central Iberian Zone, Northern Portugal, Eurogranites'2000 Field Meeting Guide Book, UM/FCUP/IGM. pp. 27-65.

D16/D13/D11 powertrain – Guia de *Produto da Volvo. In: http://www.volvotrucks.com/SiteCollectionDocuments/VTNA_Tree/ILF/Products/Powertrain/power_brochure_050510.pdf, (consultado em Janeiro de 2014).

Fernie, A.D., 1985. Pit to Plant – Current Trends. Mining and Engineering, Jan. 1985, Vol. 37, Nº1.

Foley, M., In-Pit crushing: wave of the future?. Australian Journal of Mining, 2012. 46-53. In: <http://www.theajmonline.com.au/pdfs/IPCC.pdf>, /consultado em Fevereiro de 2014).

Galiza A.C., Ramos L. & Chaminé H.I., 2008. Controlo da qualidade geotécnica do desmonte do maciço rochoso através de uma perfuração alinhada. In: Actas do 11º Congresso Nacional de Geotecnia. Sociedade Portuguesa de Geotecnia / Univ. Coimbra. Volume 1, pp. 243-250.

Galiza A.C., Ramos L., Fonseca L. & Chaminé H.I., 2011a. Geotecnia mineira de maciços rochosos fracturados para o controlo da qualidade do desmonte. Revista Ingenium, Ordem Engenheiros, 124 (Jul/Agos): 76-80.

Galiza A.C., Ramos L., Fonseca L., Teixeira J. & Chaminé H.I., 2011b. O papel da geotecnia mineira na optimização do desmonte de maciços rochosos fracturados. Boletim de Minas, DGEG, Lisboa, 46(2): 103-120.

Galiza A.C., Ramos L., Fonseca L. & Chaminé H.I., 2011c. Geomechanical control of jointed rock mass blasting by aligned drilling. In: Holmberg R. (ed.), Lisbon Conference Proceedings 2011, EFEE – European Federation of Explosives Engineers, pp. 271-280.

Holmberg, R., [Editor], 2003. Explosives and blasting technique. Proceeding of the EFEE 2nd World Conference. Taylor & Francis, 632 pp.

Hooking up to the grid. (2010). America's Mines & Quarries. 4pp. In: <http://hitachiconstruction.com/assets/files/americas/Americas-4-10.pdf>, (consultado em Julho de 2014).

Hulthén, E. (2010). Real-time optimization of cone crushers. Chalmers university of technology (Tese de Doutoramento). In: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/128844.pdf>, (consultado em Fevereiro de 2014).

Icons of industry, 4th Issue (2013). Mining Magazine, 30-41. In: <http://www.belaztrucks.com/wp-content/uploads/2012/06/Mining-Magazine-May-20131.pdf>, (consultado em Fevereiro de 2014).

Improving Efficiency Underground, 7th Issue, (2010). Caterpillar Global Mining. In: https://mining.cat.com/cda/files/2785843/7/UndergroundEfficiency_EN.pdf, (consultado a Abril de 2014).

Kennedy, B A, 1990. SME surface mining second edition, pp 485-493 (Society for Mining, Metallurgy, and Exploration: United States).

KHL Group, 2013, Pedreiras: Agregados com tecnologia. In: <http://www.khl-group.com/digital-mag/CLA/2013/CLA-Dec-2013-PTG/files/assets/common/downloads/Access%20International%20May-June%202013.pdf>, (consultado em Março de 2014).

Koehler, F. 2010, In pit crushing looms the way into Australia, Mining Magazine Congress. In: <http://miningcongress.com/pdf/presentations-downloads/2010/Fred-Koehler-ThyssenKrupp.pdf>, (consultado em Fevereiro de 2014).

Kuhar, M.S., 2005, Tracks over Trucks. Pit&Quarry, July, Pages 28- 30.

McMaha, R. P., 2010, Virtual Environments for Surface Mining Powered Haulage Training, USA, 10pp.

Meixedo J.P., Em Torno da Dinâmica Não-Linear de Sistemas Discretos de Carga e Transporte, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Maio de 2005.

MetsoMinerais. (2009). Correias Transportadoras. In: [http://www.metso.com/inetMinerals/Brazil/mm_Brazilcontent.nsf/WebWID/WTB-090316-2256F-02C64/\\$File/14_Marco_09_PT_compac.pdf](http://www.metso.com/inetMinerals/Brazil/mm_Brazilcontent.nsf/WebWID/WTB-090316-2256F-02C64/$File/14_Marco_09_PT_compac.pdf), (consultado a Fevereiro de 2014).

Metso. (2013). Results - minerals & aggregates. Pp 1. In: [http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_gen.nsf/WebWID/WTB-130416-2256F-70CEB/\\$File/Results_minerals_aggregates_1_2013.ENG.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_gen.nsf/WebWID/WTB-130416-2256F-70CEB/$File/Results_minerals_aggregates_1_2013.ENG.pdf), (consultado em Julho de 2014).

Milman, M.J., 2002, Equipamentos para pré-processamento de grãos, Universidade Federal de Pelotas. In: <https://pt.scribd.com/doc/105399003/74/Classificacao-dos-elevadores-de-cacambas-em-funcao-da-descarga>, (Consultado a Abril de 2014).

Olofsson, S., 2002. Applied explosives technology for construction and mining. 12th edition. Applex, Arla, Sweden, 304pp.

Parreira, J., & Meech, J. (2010). Autonomous vs Manual haulage trucks - how mine simulation contributes to future haulage system developments. University of British Columbia, 1–13. In: <http://www.infomine.com/library/publications/docs/parreira2010.pdf>.

- Parreira, J., & Meech, J. (2012). Simulation of an Open pit mine to study Autonomous Haulage trucks. University of British Columbia. In: <http://www.infomine.com/library/publications/docs/Parreira2012.pdf> Hartman, H. L., & Britton, S. G. (1992). SME Mining Engineering Handbook (Vol. 1).
- Pereira, E.; Ribeiro, A.; Carvalho, G. S.; Noronha, F.; Ferreira, N. & Monteiro, J., H. (coords.), 1989, Carta Geológica de Portugal, escala 1/200 00, Folha 1. Serviços Geológicos de Portugal.
- Pereira, I. (2009). Análise de Acidentes de Trabalho em Pedreiras. Escola Superior de Ciências Empresariais (tese de Mestrado). In: <http://comum.rcaap.pt/bitstream/123456789/4624/1/Mestrado%20Revisto4.pdf>, (consultado em Fevereiro de 2014).
- Radowlski, J. K. (1988). In-Pit Crushing and Conveying as an alternative to an all truck system in open pit mines. University of Mining and Metallurgy, In: http://circle.ubc.ca/bitstream/handle/2429/28512/UBC_1988_A7%20R32.pdf?sequence=1, (consultado a Dezembro de 2013). (Tese de Mestrado).
- Research and Development opportunities for heavy trucks. (2002). US Department of Energy, 1–6. In: https://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/truck_efficiency_paper_v2.pdf, (consultado em Abril de 2014).
- Sandvik Tamrock, 1999. Rock excavation handbook. Sandvik Tamrock Corp., 364 pp.
- Silva, A. C. J. Catálogo de Correias Transportadoras, 1–6. In: <http://www.logismarket.pt/ic/a-c-j-silva-lda-catalogo-de-correias-transportadoras-acj-silva-737395.pdf>, (consultado em Abril de 2014).
- Spínola S., 1999. Movimento de Terras. Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP, pp. 195.
- Thorum, E. (2011). The Understated Benefits of Trolley Assisted Haulage. Arctic Miners Presentation, Livengood Rail. Pp 49 In: http://www.arcticminers.org/presentations/Elliot_ThorumMar4_2011.pdf, (consultado em Abril de 2014).
- Tutton, D., & Streck, W. (2009). The application of in-pit crushing and conveying in large, hard rock open pit mines, (October), 1–28. In: <http://www.miningcongress.com/pdf/presentations-downloads/DAT-David-Tutton-2.pdf>, (consultado a Março de 2014).
- Unidades Móveis, o equipamento ideal para a britagem pima, 2012. Revista Manutenção & Tecnologia, Edição 163. Pp 100, 13-20. In: http://www.revistamt.com.br/PDFS/MT_163.pdf, (consultado em Agosto de 2014).

Zimmermann, E., & Kruse, W. (2006). Mobile crushing and conveying in quarries - a chance for better and cheaper production!, 1–7.



Mina de Ouro, Austrália

7. ANEXOS

Anexo I: Plano de Lavra – Situação Actual

Anexo II: Plano de Lavra – Fase 1

Anexo III: Plano de Lavra – Fase 2

Anexo IV: Plano de Lavra – Fase 3

Anexo V: Plano de Lavra – Fase 4

Anexo VI: Britadores de Mandíbulas Série C (Metso Minerais)

Anexo VII: Unidades de britagem móvel sobre esteiras *Lokotrack* (Metso Minerais)

Anexo VIII: Unidades de Transporte móvel *Lokolink* (Metso Minerais)

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

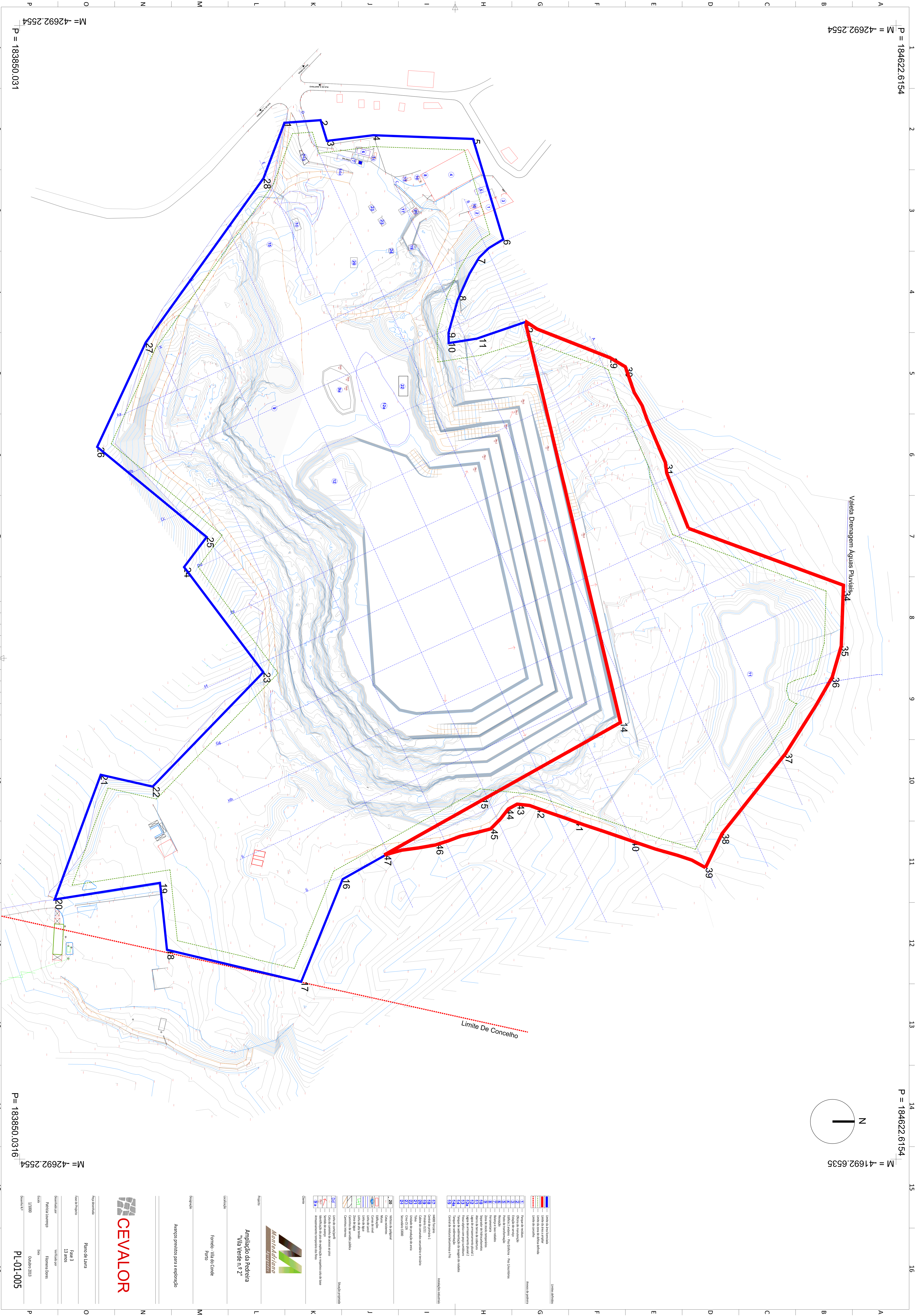
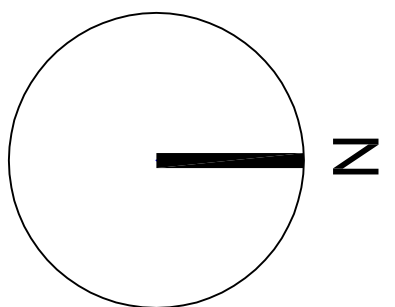
ANEXO IV

P = 184622.6154

M = -42692.2554

P = 184622.6154

M = -41692.6535



P = 183850.031

P = 183850.0316

PL-01-005



Ampliação da Pedreira
"Vila Verde n.º 2"

Farmelo - Vila do Conde
Porto

Amostras previstas para a exploração

Engenharia

Plano de Javira
Fase 3
13.09.2013

Elaborado por
Filomena Duarte

Escala
1:1000

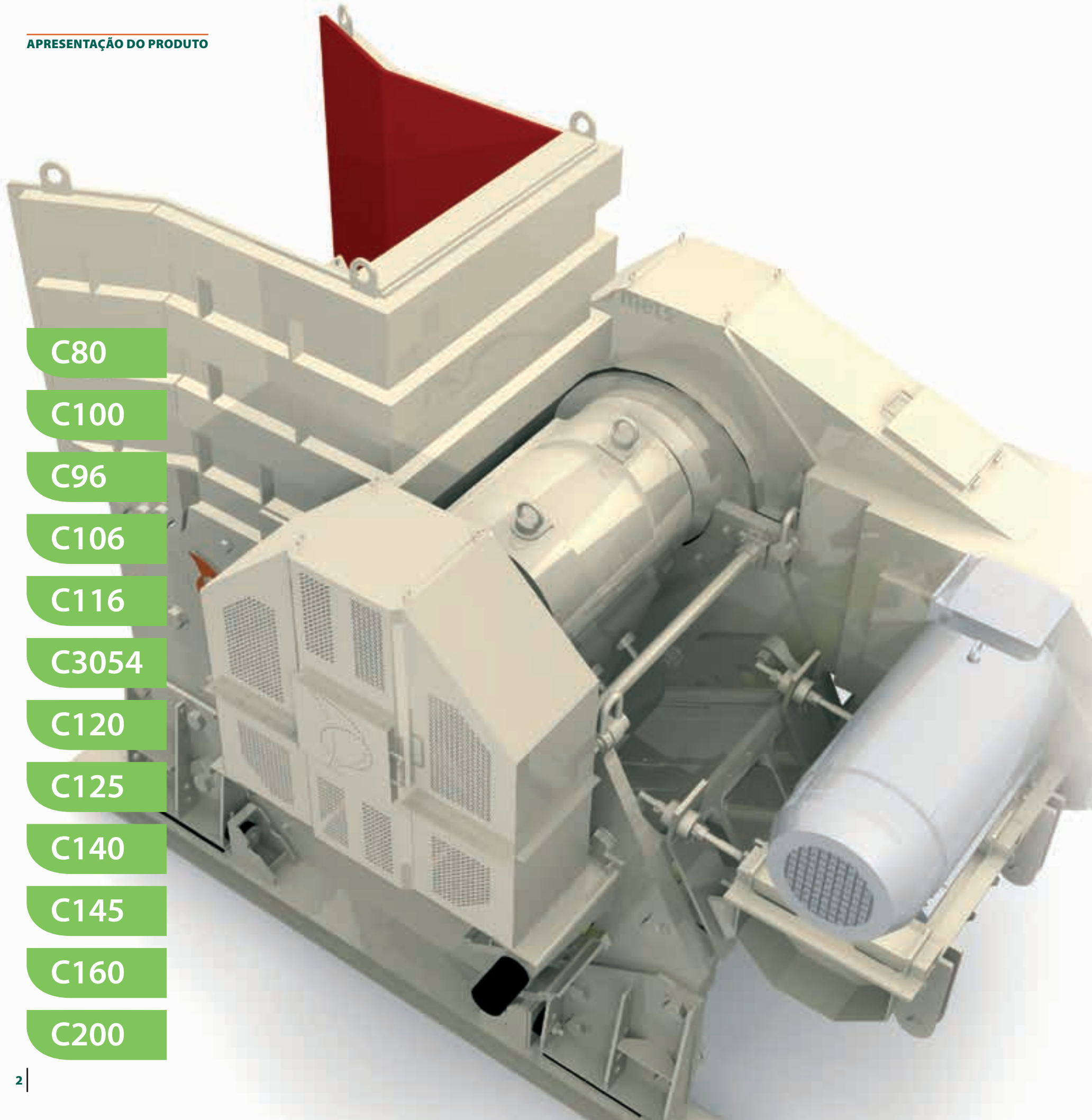
Quilómetros

ANEXO V

ANEXO VI

Nordberg
Britadores de
mandíbulas série C





C80

C100

C96

C106

C116

C3054

C120

C125

C140

C145

C160

C200



O britador de mandíbulas preferido no mundo inteiro

Metso, o grupo que lidera o mercado mundial de equipamentos e sistemas para operações de processamento de rochas e minerais, já instalou mais de 10.000 britadores de mandíbulas desde a década de 1920. Hoje, os britadores de mandíbulas Nordberg Série C são indiscutivelmente os preferidos no mundo inteiro. No que se refere à cominuição primária de materiais duros e abrasivos com eficiência de custos, os britadores da Série C representam o mais elevado know-how técnico e industrial.

Todos os britadores de mandíbulas Série C baseiam-se numa revolucionária construção modular sem soldas. Este tipo de construção oferece aos proprietários a maior resistência possível à fadiga, uma excelente confiabilidade e numerosas possibilidades de montagem. Tais características, combinadas com componentes em aço especial de alta qualidade, e rolamentos auto-compensadores de rolos de qualidade superior, resultam em uma disponibilidade excepcionalmente alta do britador, britagem eficiente e baixos custos por tonelada de produto.

Atualmente, a Série C incorpora 2 linhas de produtos. A primeira é a bem conhecida gama de britadores de mandíbulas de tipo tradicional, projetados para aplicações fixas e móveis (C80, C100, C3054, C120, C125, C140, C145, C160, C200). A segunda linha foi projetada especificamente para atender às necessidades das operações de britagem móvel de pequeno e médio porte (C96, C106, C116). Todos os britadores da Série C são projetados para britar rocha muito dura.

Sejam quais forem as suas necessidades de britagem – desde rochas duras e abrasivas até vários materiais de reciclagem – você encontrará a solução ótima com os britadores de mandíbulas Nordberg Série C. Olhe com mais atenção para o britador de mandíbulas preferido no mundo inteiro!

Índice

Alta qualidade e confiabilidade.....	4
Alto rendimento	6
Baixos custos de instalação e operação...	10
Instalações a céu aberto.....	14
Instalações subterrâneas	16
Instalações móveis.....	18
Dados técnicos.....	20
Nem todos os britadores de mandíbulas são iguais.....	22



A construção modular sem soldas garante excelente resistência.



O robusto conjunto do queixo garante a máxima confiabilidade, mesmo sob as mais exigentes condições de britagem.

Manufatura e materiais de classe mundial

Os britadores da Série C são insuperáveis tanto pelo seu projeto como pelos materiais usados na sua construção. Foi dada atenção especial mesmo aos mínimos detalhes, com o fim de garantir a máxima funcionalidade e confiabilidade, sem excessões. Quem já adquiriu e utilizou britadores de mandíbulas da Série C sabe que nem todos os britadores de mandíbulas são iguais!

Construção modular sem soldas

A construção modular sem soldas é o grande avanço de engenharia, com duas chapas laterais em aço laminado a quente, ligadas a estruturas em aço fundido de alta qualidade através de encaixes robustos, usinados com precisão e fixados com parafusos. A ausência de geradores de tensões, tais como os cordões de solda, garantem uma excelente resistência a impactos.

Conjunto do queixo de alta resistência

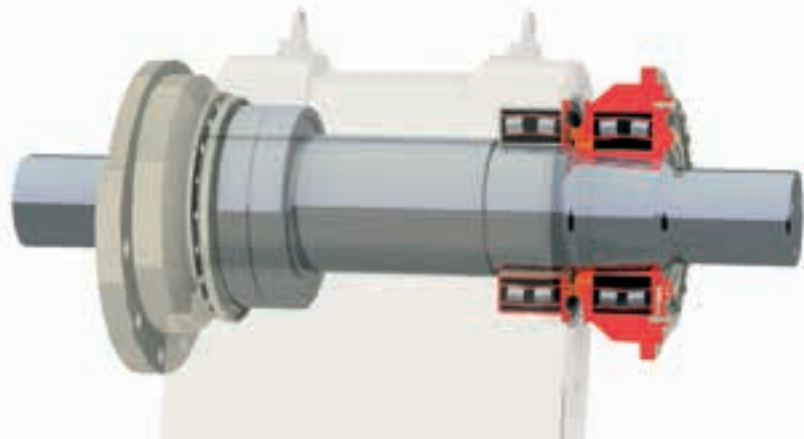
O queixo é fabricado em aço fundido de alta qualidade e acionado por dois volantes maciços de aço ou ferro fundido. Um eixo excêntrico forjado de grande porte e quatro grandes rolamentos autocompensadores de rolos, todos do mesmo tamanho, garantem a máxima confiabilidade, mesmo sob as mais exigentes condições de britagem. Os rolamentos são lubrificados a graxa e estão protegidos contra qualquer contaminação por vedações de labirinto de eficiência comprovada.

Mancais de aço fundido em peça única

Os mancais de aço fundido em peça única garantem um encaixe perfeito à carcaça do britador. Além disso, evitam cargas desnecessárias nos rolamentos da carcaça, algo que ocorre habitualmente com mancais bipartidos.

Britador de construção reformável

Embora os britadores da Série C satisfaçam as expectativas de durabilidade para seus usuários, funcionando dia e noite, virá o momento em que necessitarão de alguns cuidados. Graças à utilização de componentes em aço fundido, o britador pode ser restaurado ou reformado de forma econômica após muitos anos de operação. Tais reformas são anti-econômicas ou mesmo inviáveis no caso de britadores com outro tipo de construção.



Todos os britadores da Série C incorporam no eixo excêntrico, rolamentos maiores e mais robustos que outros britadores de tamanho comparável.



O queixo, as carcaças do britador e os mancais são todos fabricados em aço fundido de alta qualidade.



Concebidos de início para exigentes trabalhos na Escandinávia, os britadores da Série C britam com eficiência materiais de extrema dureza.



O desenho perfeito da câmara de britagem e uma cinemática adequada são dois dos motivos porque a Série C oferece alto rendimento dia após dia.

Câmara de britagem perfeita

Os britadores de mandíbulas da Série C são literalmente projetados “de dentro para fora”, visto que a câmara de britagem é o coração e a razão de ser do britador de mandíbulas. É por esse motivo que durante tantos anos temos dado tanta atenção às dimensões da abertura de alimentação, bem como à altura da câmara. A perfeita relação entre a largura da abertura de alimentação e a profundidade da câmara garante o mínimo de entupimentos e evita que o britador tenha uma altura desnecessária.

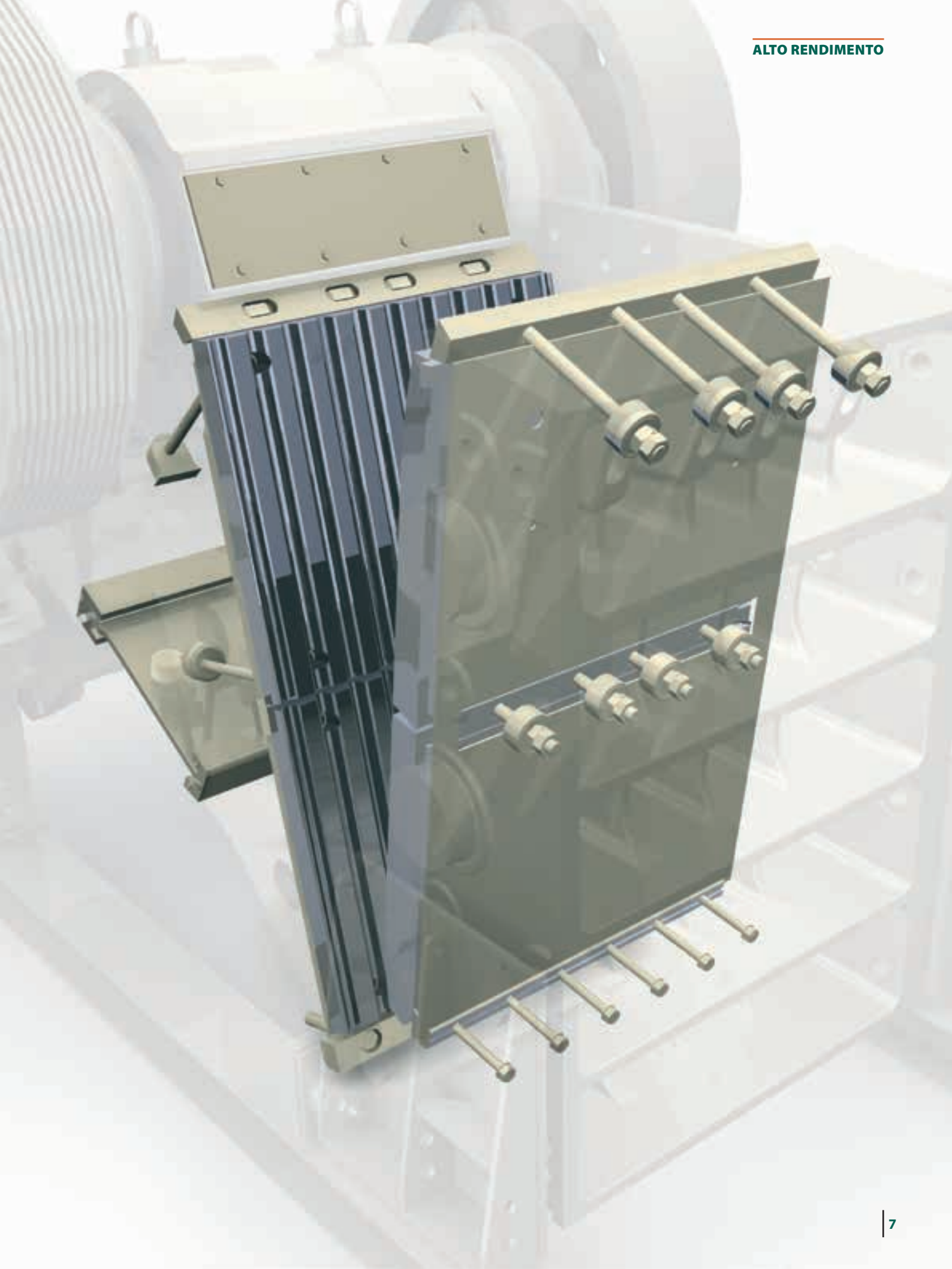
Cinemática eficaz e grande potência
Além das dimensões adequadas da câmara, é necessário aplicar a cinemática correta. Por isso, os britadores de mandíbulas da Série C são dotados de maior excentricidade conjugada com o acentuado ângulo da placa de articulação que amplifica o movimento excêntrico efetivo à saída do britador. A maior excentricidade, combinada com a velocidade adequada, a inércia do volante e a elevada potência de britagem disponível, resultam num rendimento de britagem sem igual. A operação com aberturas de regulagem reduzidas, bem como o método empregado para a regulagem, permite obter produtos mais finos em comparação com outros britadores.

Mandíbulas adequadas para cada aplicação
No decorrer dos anos desenvolvemos muitos tipos de mandíbulas para otimizar o rendimento dos britadores Nordberg Série C numa vastíssima gama de aplicações, incluindo pedreiras convencionais, minas, lavras de cascalho e reciclagem de asfalto e entulhos. Os perfis dos dentes, bem como a espessura das mandíbulas, são otimizados e combinados com as melhores ligas de aço manganês para aumentar ao máximo a produtividade e minimizar os custos de operação. A Metso também desenvolve ativamente mandíbulas para aplicações especiais. Também se encontram disponíveis chapas laterais especiais.

Standard	Quarry	Super dentada	Especial +Quarry	Quarry +Super grip	Quebra lajes	Reciclagem, ondulada	Reciclagem, corrugada

Existem muitos tipos de mandíbulas para diferentes aplicações. Contate a Metso para recomendações relativas à sua aplicação específica.

Os britadores de mandíbulas da Série C são projetados “de dentro para fora”.



Capacidades e especificações técnicas

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C120	C125	C140	C145	C160	C200
Largura da abertura de alimentação, mm		800	1000	930	1060	1150	1375	1200	1250	1400	1400	1600	2000
Profundidade da abertura de alimentação, mm		510	760	580	700	800	760	870	950	1070	1100	1200	1500
Potência kW		75	110	90	110	132	160	160	160	200	200	250	400
Velocidade (rpm)		350	260	330	280	260	260	230	220	220	220	220	200
Tamanho do produto, mm	Abertura na posição fechada, mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
0-30	20												
0-35	25												
0-45	30												
0-60	40	55 - 75											
0-75	50	65 - 95											
0-90	60	80 - 110		105 - 135									
0-105	70	95 - 135	125 - 175	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270	175 - 240					
0-120	80	110 - 150	145 - 200	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300	195 - 270					
0-135	90	125 - 175	160 - 220	160 - 200	190 - 235	205 - 255	260 - 330	210 - 305					
0-150	100	140 - 190	180 - 250	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365	235 - 325	245 - 335				
0-185	125	175 - 245	220 - 310	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435	285 - 395	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-225	150	210 - 290	265 - 365	265 - 335	305 - 385	320 - 405	405 - 515	340 - 475	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-260	175	245 - 335	310 - 430	310 - 390	355 - 450	370 - 465	465 - 595	385 - 540	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		355 - 490		395 - 500	410 - 520	530 - 670		445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225								495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250								545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275										690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300											815 - 1145	1015 - 1435

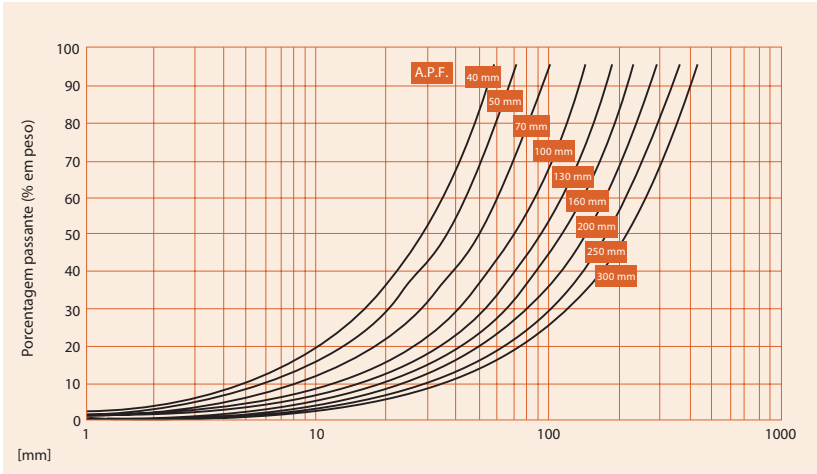
* Muitas vezes, dependendo da aplicação e dos requisitos da produção, é possível utilizar menores aberturas na posição fechada. Contate a Metso para obter uma estimativa de rendimento para a sua aplicação específica.

Os valores indicados acima têm por base materiais de alimentação com peso específico médio de 2,7 t/m³ e tamanho máximo de alimentação que permita a livre entrada na câmara de britagem sem engaiolamentos. As capacidades podem variar de acordo com o método de alimentação e as características do material de alimentação tais como granulometria, densidade aparente, umidade, teor de argila e britabilidade do material.

A medição da regulagem na posição fechada do britador de mandíbulas varia de acordo com o perfil da mandíbula usado e afeta a capacidade e a granulometria do produto do britador. Os seguintes fatores contribuem para melhorar a capacidade e o rendimento do britador:

1. Seleção adequada das mandíbulas.
2. Granulometria correta da alimentação.
3. Taxa de alimentação controlada.
4. Capacidade e largura suficientes do alimentador.
5. Área de descarga adequada para o britador.
6. Correia transportadora de saída dimensionada para transportar a capacidade máxima do britador.

Granulometria indicativa do produto



Os britadores de maxilas Nordberg, serie C são perfeitamente adaptados a estágios de britagem primários





A regulagem manual com cunhas é muito mais segura e rápida que os obsoletos sistemas de regulagem com calços.



A alteração da regulagem das cunhas por meio hidráulico pode ser executada numa questão de segundos, mesmo quando o britador está rodando vazio.

Baixos custos de instalação e operação

Além de oferecerem um elevado rendimento, os britadores da Série C também foram concebidos para reduzir os seus custos totais de britagem. Cada característica exclusiva da Série C traz benefícios específicos que influenciam diretamente os resultados finais – o que significa um claro aumento da rentabilidade. Quem já adquiriu e utilizou britadores de mandíbulas da Série C sabe que nem todos os britadores de mandíbulas são iguais.

Sistemas de regulagem rápidos e seguros

Todos os britadores da Série C contam com um sistema comprovado, resistente e rápido de regulagem com cunhas. A regulagem com cunhas é mais simples, muito mais segura e rápida que os obsoletos sistemas de regulagem com calços.

A regulagem do britador pode ser ajustada manualmente em poucos minutos, com ferramentas fornecidas junto com o britador e sem a necessidade de manusear calços sujos e pesados. Alternativamente, a regulagem do britador pode ser ajustada numa questão de segundos a partir de uma localização remota, mesmo quando o britador está rodando vazio. O sistema também é especialmente eficiente no momento de esvaziar a câmara de britagem, se o britador parar com carga devido a cortes de energia elétrica.

Cansado de consertar as fundações do seu britador de mandíbulas?

Os coxins e batedores de borracha reduzem eficazmente as cargas de compressão exercidas sobre as fundações, absorvendo os picos de carga de impacto e permitindo que o britador se mova tanto vertical como longitudinalmente. Este sistema, exclusivo e inovador, elimina a necessidade de usar chumbadores e é a solução ideal, visto que os chumbadores acabam sempre por danificar as fundações dos britadores de mandíbulas.



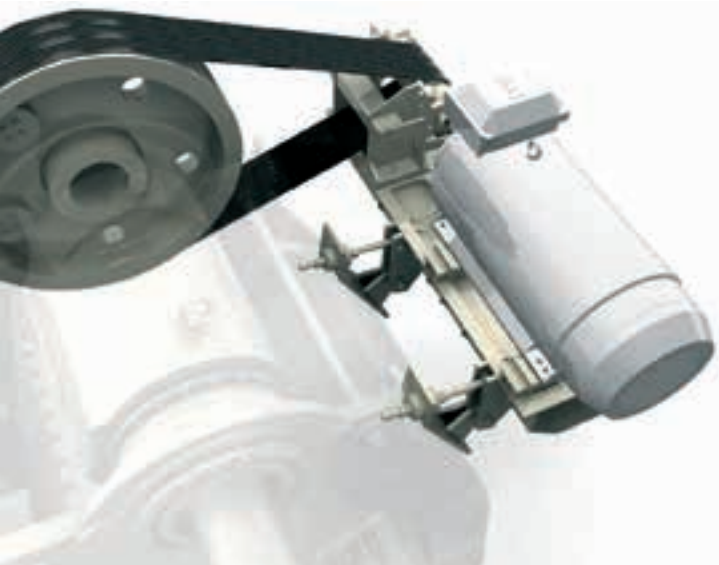
Os coxins e batedores especiais de borracha permitem que o britador se mova tanto vertical como longitudinalmente, evitando assim o desgaste e os danos subseqüentes nas fundações do britador.

Os rolamentos mais resistentes do mercado

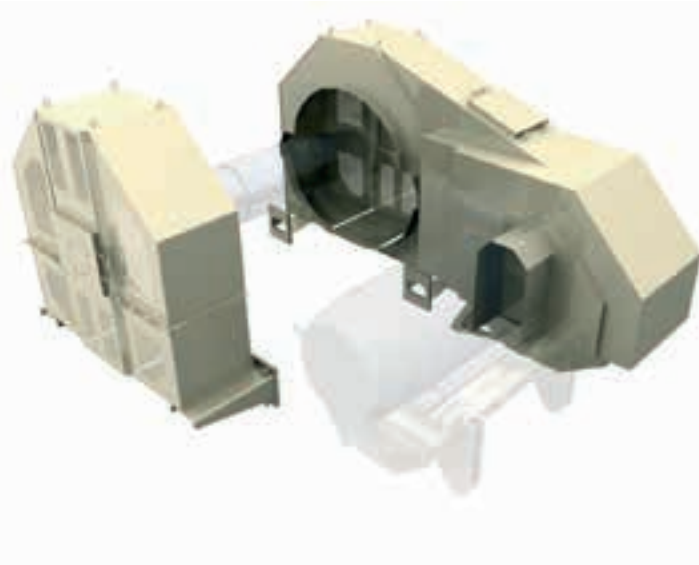
Todos os britadores da Série C incorporam rolamentos do eixo excêntrico maiores e mais resistentes que outros britadores de dimensões comparáveis. A sua maior capacidade de suportar cargas e a eficácia das suas vedações de labirinto, contribuem para ampliar consideravelmente a vida útil dos rolamentos.

Um britador de mandíbulas Nordberg C140 numa instalação fixa.





A base de motor integrada à carcaça reduz as necessidades de espaço e os custos de manutenção.



As proteções do volante reduzem as necessidades de espaço à volta do britador.

Versátil base de motor integrada

A base de motor está integrada à carcaça principal do britador, reduzindo assim a necessidade de espaço e de usar correias em V excessivamente longas. A vida útil das correias prolonga-se porque não existe qualquer movimento relativo entre o britador e a base do motor, e a base está articulada no britador para regular a tensão da correia. A base pode acomodar motores elétricos do tipo IEC e NEMA.

A utilização de uma base integrada para o motor permite empregar proteções padrão nos volantes, eliminando a necessidade de trabalhos de engenharia e adaptações no local.

Proteções de volantes compactas e de fácil manutenção

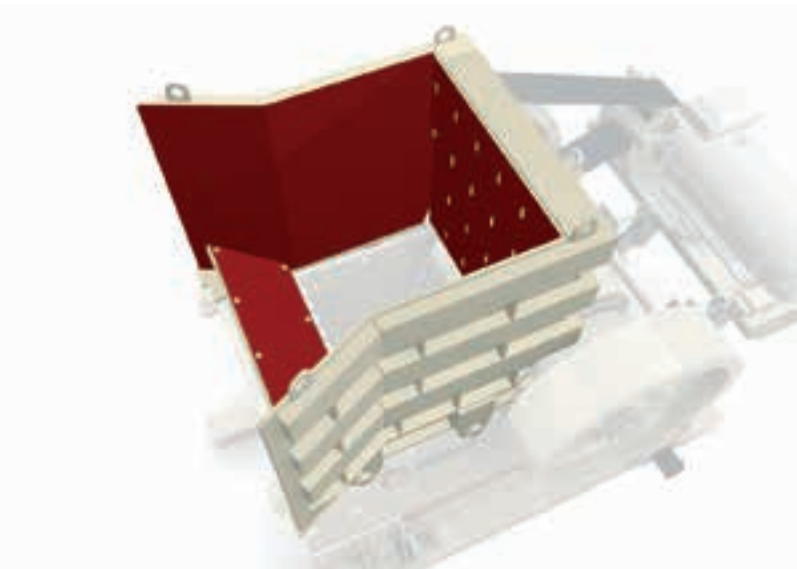
As proteções dos volantes são parafusadas às chapas laterais do britador, protegendo eficazmente os operadores contra os potenciais perigos apresentados por peças em movimento. As janelas de inspeção e as portas de acesso permitem aos técnicos realizar os trabalhos de inspeção e manutenção do britador. A sua utilização também permite um melhor acesso ao britador, já que as proteções não ficam apoiadas na plataforma de serviço.

Tremonha de alimentação especial

A tremonha de alimentação foi concebida para encaminhar eficazmente a alimentação para o interior da câmara de britagem. A desmontagem e montagem das mandíbulas e chapas laterais são realizadas sem que seja necessário mover ou desmontar a tremonha de alimentação. A tremonha está aparafusada ao britador e pode ser desmontada para outras tarefas de manutenção.

Outras excelentes características que reduzem os custos

Existem várias características adicionais que o ajudarão a reduzir os custos de operação e instalação. Entre elas, encontram-se o sistema de lubrificação automática a graxa, diferentes suportes de montagem para acomodar diferentes alturas de alimentação, sensores de temperatura e velocidade, placas de proteção e placas intermediárias que permitem maximizar o aproveitamento das mandíbulas de manganês. Também existem deflectores especiais para proteger a correia transportadora de saída do britador contra as barras de aço pontiagudas que via de regra aparecem em aplicações de reciclagem.



A tremonha de alimentação protege eficazmente o britador e pode ser desmontada para tarefas de manutenção.

Um britador de mandíbulas Nordberg C160 numa instalação fixa de mineração.





Um C125 durante o estágio de montagem de uma nova instalação de britagem primária.



Um C145 durante o estágio de montagem de uma nova instalação de britagem primária.

A melhor opção para instalações a céu aberto

Os britadores de mandíbulas Nordberg Série C são a melhor opção para instalações fixas a céu aberto, tais como pedreiras, minas, lavras de cascalho e, inclusive, instalações de reciclagem. A sua fácil instalação e manutenção aliada à sua produtividade, torna-os especialmente adequados tanto para instalações existentes como para novas instalações de britagem primária.

O melhor substituto para o seu britador atual

Graças aos seus requisitos gerais de espaço, os britadores da Série C são a opção ideal para substituir britadores de mandíbulas de um ou dois eixos. Em comparação com os britadores de versões anteriores, as cargas exercidas sobre as fundações são menores e por isso raramente é necessário modificar as fundações existentes.

Um aumento da capacidade da instalação, a capacidade para processar uma alimentação mais grossa e a possibilidade de produzir um produto mais fino, são algumas das vantagens de substituir os britadores de mandíbulas de um ou dois eixos de dimensões comparáveis.



Um C200 após a substituição de um britador de mandíbulas de dois eixos. A capacidade da instalação aumentou sem ser necessário modificar as fundações.

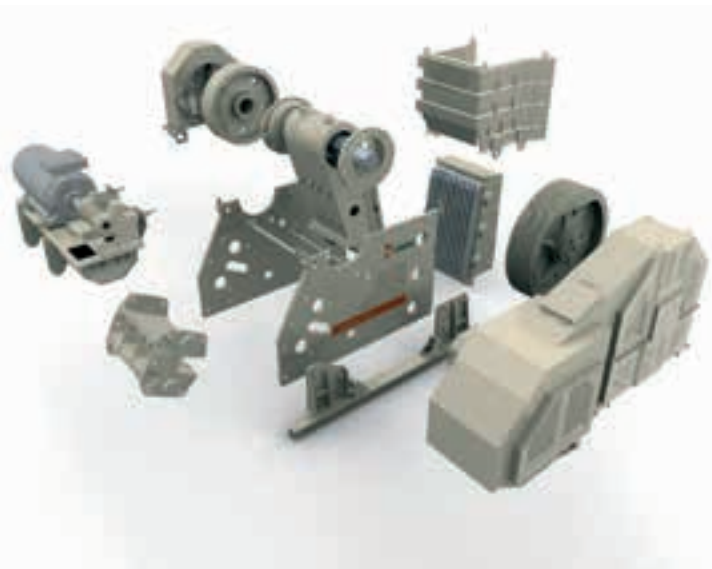
Vasta experiência em instalações completas

A Metso projeta e fornece sistemas completos de britagem e peneiramento de agregados. Estamos presentes localmente no mundo inteiro e gerimos o projeto da planta, a seleção dos equipamentos, as compras de componentes, a fabricação, a montagem e a entrega técnica.

Cada instalação nova de britagem primária é adaptada às necessidades específicas de cada cliente. Os nossos variados tipos de arranjos de alimentação, a automatização, a facilidade de manutenção e a rentabilidade geral são as chaves do nosso êxito.



Um britador de mandíbulas Nordberg C145 numa instalação fixa.



Os britadores Série C, com a sua construção aparafusada, são fáceis de manobrar mesmo em espaços reduzidos, em minerações subterrâneas.



Um C160 numa mina de ouro subterrânea.

A melhor opção para instalações subterrâneas

Os britadores da Série C são, indiscutivelmente, os britadores mais utilizados em minas subterrâneas e pedreiras no mundo inteiro. A sua produtividade, confiabilidade, facilidade de transporte e possibilidades de automatização fazem destes britadores a opção ideal para as operações que funcionam 24 horas por dia.

Montagem subterrânea

O transporte dos britadores da Série C até às instalações subterrâneas foi muito simplificado, visto que todos os principais componentes podem ser manuseados individualmente e a montagem final do britador é feita na galeria da mina. Tal fato tem influência direta no planejamento da mina, conseguindo-se com frequência uma considerável economia de tempo e dinheiro.

A montagem final no subsolo requer apenas os sistemas de içamento habituais e um tempo surpreendentemente curto.

Fácil de automatizar

Devido à opção do sistema de regulação hidráulico, os britadores de mandíbulas da Série C podem integrar-se completamente aos sistemas de automatização da instalação. A regulação do britador pode ser ajustada a partir de um painel elétrico situado junto ao britador ou a partir da sala de controle, bastando apenas apertar um botão, mesmo enquanto o britador estiver rodando vazio. A lubrificação dos rolamentos do britador também pode ser automatizada. A temperatura dos rolamentos, a velocidade do britador e os níveis da câmara podem ser medidos e totalmente integrados aos sistemas de automatização da instalação.



Britador Nordberg C200 durante a sua montagem numa mina subterrânea. O britador foi transportado por partes e montado no subsolo.

Um C200 em operação numa mina subterrânea de zinco e cobre a 1.400 metros de profundidade. O britador é monitorado e controlado a partir da sala de controle situada à superfície.





Processo de britagem e peneiramento em três estágios com os modelos Lokotrack LT110, LT300GP e LT300GPB.



Britagem móvel com um NW125.

Líder em unidades móveis com britadores primários de mandíbulas

A Metso tem sido a empresa pioneira no desenvolvimento de unidades de britagem totalmente móveis montadas sobre esteiras e também já há muitas décadas que fornece instalações semimóveis e conjuntos móveis montados sobre rodas. As unidades de britagem móveis com mandíbulas, Lokotrack (LT) e Nordberg NW, são usadas na produção de agregados, mineração, reciclagem, produção de cimento e britagem em túneis.

O coração de cada unidade de britagem móvel com britador de mandíbulas é um britador Nordberg Série C.

Mobilidade total com a linha Lokotrack

A unidade móvel de britagem da Série Lokotrack se baseia numa idéia inovadora centrada na flexibilidade, que consiste em deslocar o equipamento de britagem ao longo da frente de rocha para eliminar a necessidade de transporte por caminhões. As unidades Lokotrack podem mover-se dentro das lavras e entre elas, o que significa menores custos de transporte de material. A transportabilidade pode ser melhorada ainda mais com opções especiais como as versões com pranchas transportadoras ou as subdivididas. A utilização de

equipamentos de britagem totalmente móveis oferece vantagens consideráveis, tais como a redução do tráfego, do ruído e das emissões de escapes dentro da lavra. A combinação de todos estes fatores propicia um ambiente de trabalho mais seguro e mais limpo.

Há uma instalação móvel Nordberg para cada processo de britagem

Quer o requisito prioritário seja a alta capacidade de produção, boa adaptação a diferentes processos, cubicidade excelente ou britagem eficiente de materiais reciclados, a solução adequada será encontrada dentro da linha de unidades móveis da Metso.

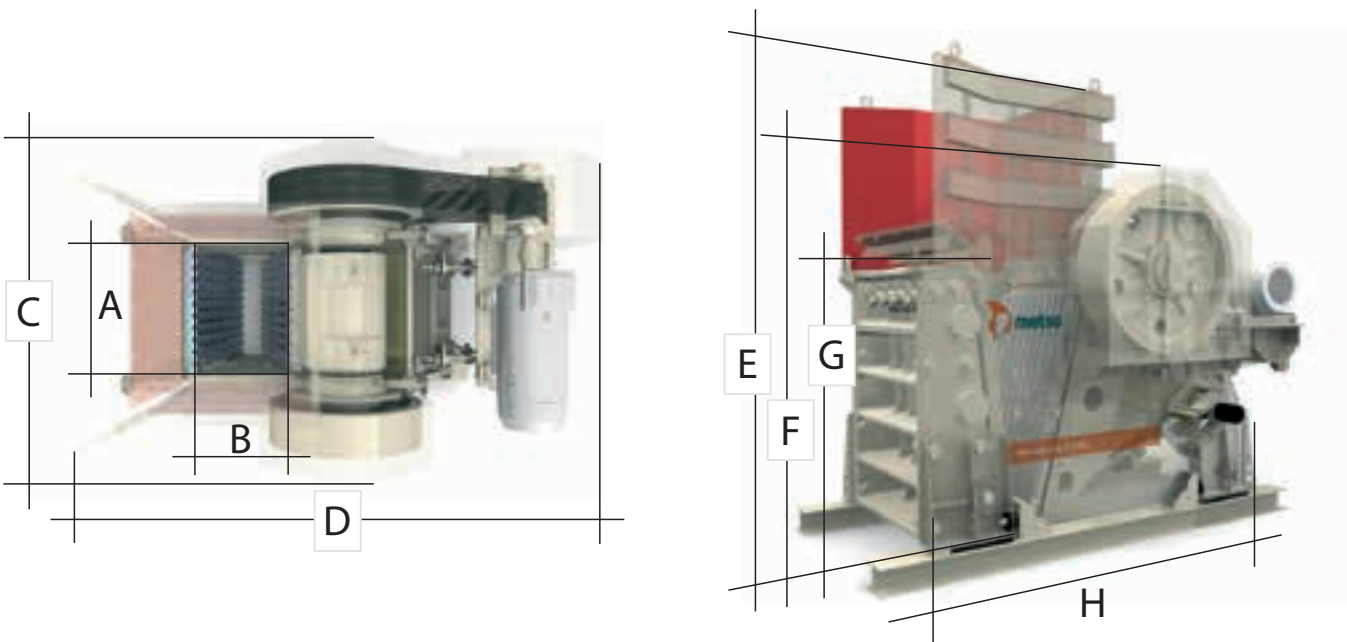
Desde as aplicações em empreiteiras até às exigentes aplicações de britagem “in-pit”, a Metso dispõe da unidade móvel adequada às suas necessidades de capacidade e produto final.



O Lokotrack LT106 numa pedreira na Finlândia.

O gigantesco Lokotrack LT160, acoplado aos transportadores de correia móveis Lokolink para aplicações “in-pit”, elimina a necessidade de usar caminhões de transporte.



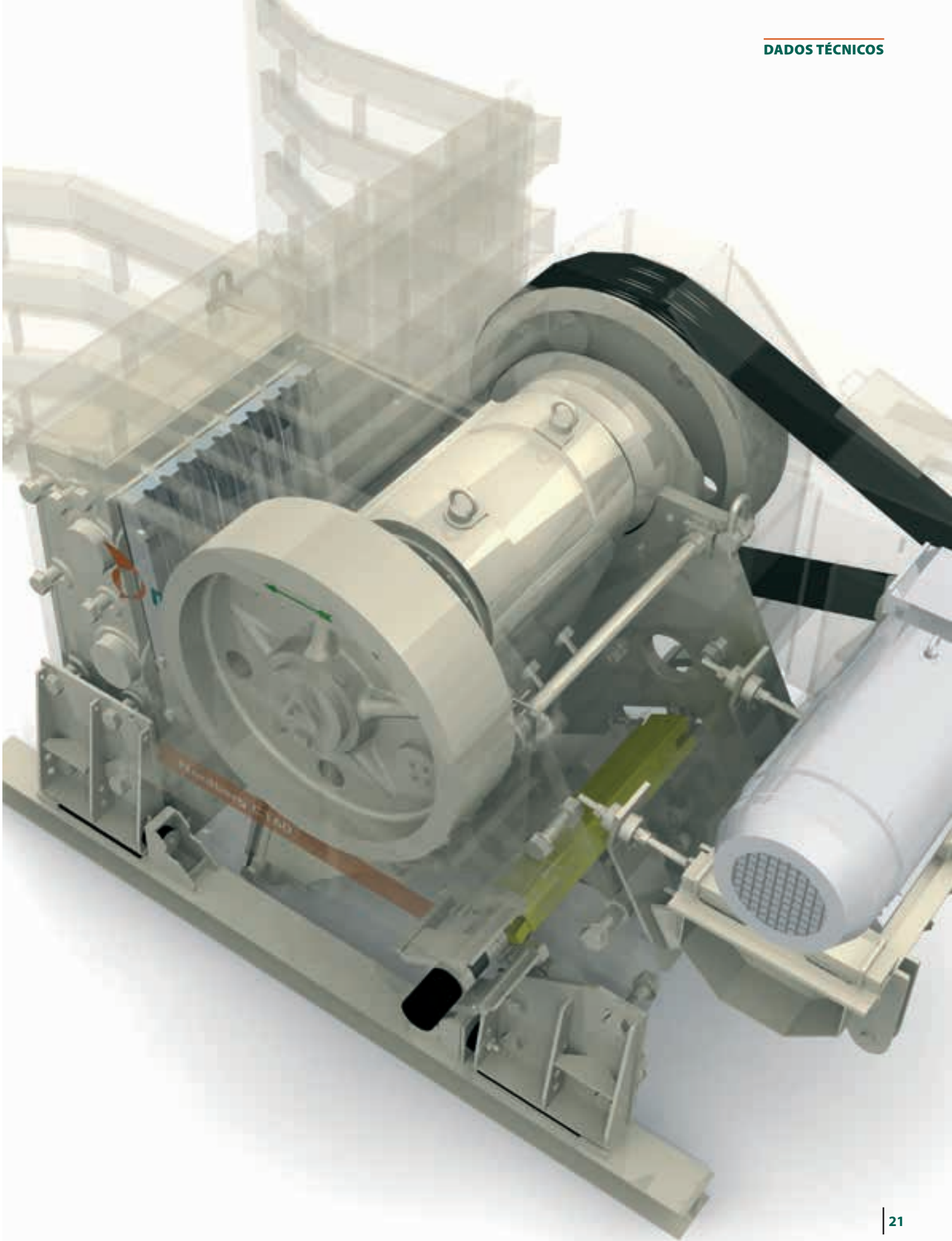


Dimensões e pesos

		C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C120	C125	C140	C145	C160	C200
A	mm	800	1000	930	1060	1150	1380	1200	1250	1400	1400	1600	2000
B	mm	510	760	580	700	800	760	870	950	1070	1100	1200	1500
C	mm	1526	2420	1755	2030	2400	2640	2690	2800	3010	3110	3700	4040
D	mm	2577	3670	2880	3320	3600	3540	3740	4100	4400	4600	5900	6700
E	mm	1990	2890	1610	2075	2675	2470	3220	3440	3950	4100	4580	4950
F	mm	1750	2490	1460	2005	2730	2470	2940	2980	3140	3410	3750	4465
G	mm	1200	1700	755	1135	1790	1080	1960	2100	2260	2430	2650	2800
H	mm	2100	2965	2500	2630	2885	2950	2820	3470	3755	3855	4280	4870
Peso do britador básico ¹⁾	kg	7 670	20 060	9 759	14 350	18 600	25 900	26 000	37 970	47 120	54 540	76 500	121 510
Peso do britador completamente equipado ²⁾	kg	9 520	23 300	11 870	17 050	21 500	30 300	29 300	43 910	54 010	63 190	88 500	137 160

¹⁾ Britador sem opções.
²⁾ Britador, ajuste hidráulico da regulagem, proteções do volante, base integral do motor, tremonha de alimentação, sistema automático de lubrificação a graxa-, e motor elétrico típico.

Os desenhos certificados de disposição geral, fundações e requisitos de espaço, encontram-se disponíveis através da Metso.



Nem todos os britadores de mandíbulas são iguais

Ao contrário do que se possa pensar, nem todos britadores de mandíbulas são iguais. O sucesso dos britadores de mandíbulas Nordberg Série C prova exatamente tal fato sem qualquer mistério. Olhe com mais atenção para o britador de mandíbulas preferido no mundo inteiro!

Alta qualidade e confiabilidade

- Manufatura e materiais de classe mundial
- Construção modular sem soldas
- Quatro rolamentos do mesmo tamanho, maiores que os da maioria dos britadores de dimensões comparáveis
- Queixo e carcaça do britador fabricados em aço fundido
- Mancais de aço fundido em peça única
- Britador de construção reformável

Alto rendimento

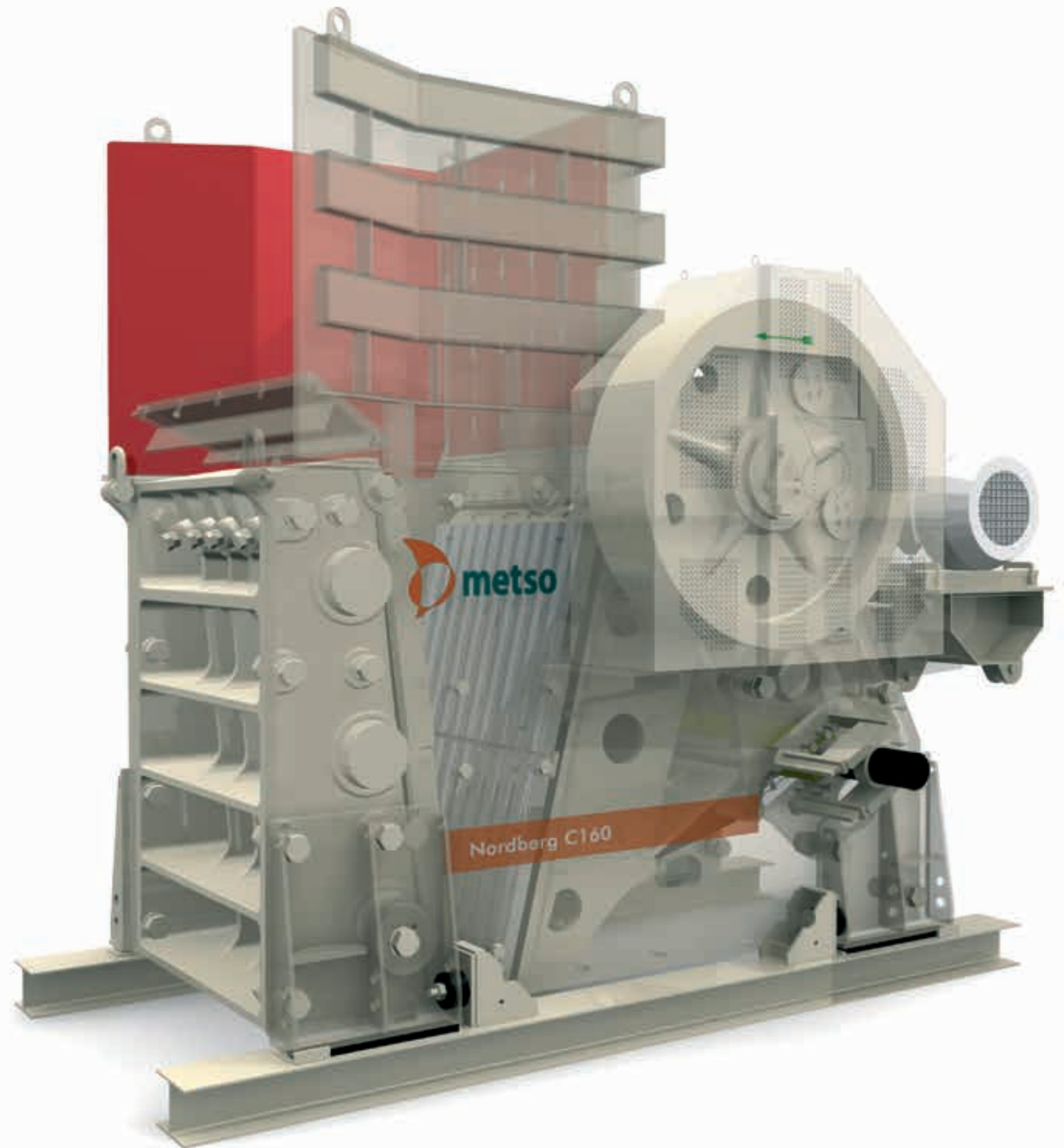
- Desenho perfeito da câmara de britagem
- Grande excentricidade, velocidade ótima e elevada potência instalada
- Britador aceita reduzidas aberturas de saída
- Mandíbulas e chapas laterais próprias para a mais extensa gama de aplicações

Baixos custos de operação e instalação

- Fácil de automatizar
- Sistema de regulação com cunhas, rápido e seguro
- Placas de proteção por trás das mandíbulas
- Britador montado sobre coxins de borracha
- Versátil base de motor integrada à carcaça
- Proteções de volantes compactas e de fácil manutenção
- Tremonha de alimentação especial
- Sistema automático de lubrificação a graxa

Utilizado numa vasta gama de aplicações fixas e móveis

- Agregados
- Mineração (a céu aberto e subterrânea)
- Reciclagem (concreto, asfalto, etc.)
- Indústrias (escórias, anodos, etc.)



Equipamentos de britagem e peneiramento de Tecnologia de Mineração e Construção da Metso

Famílias de produto:

Britadores

- Britadores de mandíbulas Série C
- Britadores giratórios primários
- Britadores cônicos Série GP
- Britadores cônicos Série HP
- Britadores cônicos Série MP
- Impactores de eixo horizontal Série NP
- Impactores de eixo vertical Série Barmac

Peneiras

- Peneiras Série DF
- Peneiras Série CVB
- Peneiras Série FS
- Peneiras Série TS
- Peneiras Série MF
- Peneiras Série RF

Alimentadores

- Alimentadores Série TK
- Alimentadores Série VF
- Alimentadores Série LH.G
- Alimentadores Série VG
- Alimentadores Série PF
- Alimentadores Série HRBM

Plantas móveis de britagem e peneiramento

- Plantas móveis de britagem Lokotrack Série LT
- Plantas móveis de peneiramento Lokotrack Série ST
- Transportadores móveis Lokotrack Série CT e CW
- Plantas móveis de britagem Nordberg Série NW

Unidades completas

- Unidades completas para produção de agregados
- Unidades completas para reciclagem



Todos os equipamentos da Metso Minerals Oy Tampere são produzidos em acordo com o sistema de garantia de qualidade que está em conformidade com a norma ISO 9001, conforme certificado por Lloyd's Register Quality Assurance Limited.



www.metso.com/miningandconstruction
minerals.info.csr@metso.com

Principais contatos da Metso

METSO MINERALS (PORTUGAL) LDA.

Rua Sebastião e Silva, Nos. 71-73,
Zona Industrial de Massamá
2745-838 Massamá
Portugal
Telefone: +351 21 438 8550
Fax: +351 21 438 8559

METSO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

Avenida Independência, 2500 - Éden
18087-101 Sorocaba
Brasil
Telefone: +55 15 2102 1300

METSO'S MINING AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY

Lokomonkatu 3, P.O. Box 306
33101 Tampere
Finlândia
Telefone: +358 204 84 142
Fax: +358 204 84 143

ANEXO VII

Lokotrack

Unidades móveis de britagem série Lokotrack para construtoras



Lokotrack LT96

Lokotrack LT96S

Lokotrack LT106

Lokotrack LT106S

Lokotrack LT116

Lokotrack LT116S

Lokotrack LT1110

Lokotrack LT1110S

Lokotrack LT1213

Lokotrack LT1213S

Lokotrack LT200HP

Lokotrack LT200HPS

Lokotrack LT7150

Lokotrack LT1100



Série Lokotrack - os conjuntos móveis de britagem mais vendidos no segmento de construção

A Metso, líder mundial no processamento de rochas e minerais, foi também pioneira no desenvolvimento de instalações de britagem totalmente móveis montadas sobre esteiras. Há mais de 25 anos, a Metso foi a primeira fabricante a iniciar a produção em série de unidades móveis de britagem.

A Tecnologia de Mineração e Construção da Metso já entregou milhares de unidades móveis de britagem montadas sobre esteiras. Essas unidades móveis atuam nas mais distintas aplicações de britagem, dentre as quais se destacam: pedreiras, construção, mineração e reciclagem de material de demolição.

A Série Lokotrack reflete nosso comprometimento com qualidade e avançada tecnologia de britagem. Para construtoras, a Metso oferece uma gama completa de conjuntos móveis sobre esteiras com britadores primários, secundários e impactores, todos especialmente projetados para atender os aos desafios atuais de britagem das construtoras.

A Série Lokotrack oferece:

- mobilidade
- alta capacidade
- confiabilidade
- flexibilidade
- inteligência

Saiba mais sobre as unidades de britagem móveis da Série Lokotrack para construtoras. A Metso está tornando a sua britagem cada vez mais rentável.



O longo e reforçado transportador principal pode ser equipado com um separador magnético opcional para aplicações de reciclagem.



Outra característica exclusiva do Lokotrack LT96 é o mecanismo automático de travamento para o alimentador que diminui o tempo necessário de preparação para transporte.

Compacto, eficiente e inteligente

Com o Lokotrack LT96, a Metso apresenta uma nova categoria de tamanhos no portfólio de produtos para construtoras. Compacto, eficiente e inteligente, o Lokotrack LT96 satisfaz os atuais desafios das construtoras combinando uma excelente mobilidade, alta capacidade de britagem e uma excelente disponibilidade. O Lokotrack LT96 brita com eficiência todos os materiais de alimentação, como por exemplo, minérios, rochas duras e materiais de demolição, criando novas oportunidades de negócio.

Inteligência avançada com o IC700

O Lokotrack LT96 incorpora como item de série um sistema de controle de processos altamente avançado e inteligente, o novo IC700. O IC700 controla e ajusta todos os parâmetros vitais do processo para otimizar tanto o processo quanto os resultados de britagem, e além disso pode ser customizado para operar em ponto ótimo nas mais distintas necessidades de aplicação.

O novo britador C96

O Lokotrack LT96 foi construído tendo por base o novo britador de mandíbulas Nordberg C96, pertencente à comprovada linha C, a linha de britadores primários mais popular do mundo. O projeto robusto, sem soldas, montado com parafusos e pinos aumenta a durabilidade do britador face às cargas de choque.

Controle de Ajuste Ativo como opção

O novo e avançado Controle de Ajuste Ativo para o LT96 está agora disponível. O novo sistema age com um mecanismo de ajuste que libera a cavidade do britador para abrir, caso identifique material não-britável maior que a abertura de saída. O novo sistema de proteção aumenta significativamente a disponibilidade do britador, especialmente nas aplicações de reciclagem.

O sistema de controle ativo é baseado em três cilindros hidráulicos e num sensor ultrassônico acoplado à parte traseira do britador. Caso materiais não britáveis penetrem na cavidade do britador, tais como pedaços de aço, gera-se alta pressão na cavidade de britagem, então uma válvula para alívio do sistema de controle ativo é aberta e libera o fluido hidráulico dos cilindros.

Como resultado, a cavidade do britador se abre e o material não britável sairá do britador. Após a abertura, o sensor ultrassônico retorna automaticamente ao ajuste na posição fechada para o valor original pré-definido.

Principais características do Lokotrack LT96:

- inteligência avançada como um item de série
- alta mobilidade com dimensões compactas
- britador de mandíbulas C96 de alta capacidade
- controle de ajuste ativo opcional
- garantia de atendimento pós-venda em todo o mundo

A unidade de britagem sob esteiras Lokotrack LT96 oferece alta mobilidade e capacidade de britagem tanto de rochas duras quanto de materiais de reciclagem.





A peneira removível do Lokotrack LT96S garante a classificação eficiente dos materiais britados em produtos finais limpos.



O Lokotrack LT 96 pode ser equipado com robustas tremonhas em aço com maior resistência à abrasão e com volumes de 4 m³ ou 6 m³.

Garantia de produtos finais limpos

Caso esteja à procura de uma unidade móvel de britagem para construtoras com capacidade de produzir eficientemente produtos finais limpos e dentro das especificações granulométricas, o Lokotrack LT96S é a solução. O Lokotrack LT96S destina-se a britar rochas duras e quaisquer materiais de reciclagem com eficiência. Além disso, a peneira permite que o Lokotrack LT96S classifique os materiais britados em produtos finais limpos e nas faixas granulométricas desejadas, atendendo os mais rigorosos requisitos das aplicações.

De construção robusta, o Lokotrack LT96S é a unidade de britagem e peneiramento mais leve na sua categoria, pesando apenas 31 toneladas, o que simplifica o seu trans-

porte. Além disso, o Lokotrack LT96S é equipado com o comprovado britador de mandíbulas, possui projeto exclusivo, montado com parafusos e pinos, o que garante uma longa vida útil.

Peneira inclinada com dois sentidos de rotação

O Lokotrack LT96S vem equipado com uma eficiente peneira inclinada, acoplada na parte inferior do transportador principal. Uma característica muito especial desta peneira é a capacidade de alterar o sentido de rotação.

Isso permite maximizar a produtividade ou a eficiência de classificação, de acordo com a necessidade específica da aplicação.

Abrir a peneira para manutenção ou limpeza é fácil e seguro, graças a um mecanismo hidráulico. Quando necessário, a peneira pode ser desacoplada da unidade de britagem em poucos minutos. Pode-se usar malhas entre 20-70 mm.

Para construtoras, o Lokotrack LT96S é uma unidade altamente versátil. Pode produzir como produto final material fino e separar os grossos, ou vice-versa. O peneiramento efetivo garante a pureza dos materiais mesmo nas mais exigentes aplicações de reciclagem.

Encontra-se à disposição uma ampla variedade de opções que incluem controle remoto por rádio frequência e sistemas de pulverização de água.



Lokotrack LT96S britando concreto reciclado na Alemanha.

Principais características do Lokotrack LT96S:

- peneira com dois sentidos de rotação
- mecanismo hidráulico simples para abertura da peneira
- excelente relação peso/produtividade
- produtos acabados limpos e classificados
- controle de ajuste ativo opcional

O novo Lokotrack LT96S se destina à britagem de rochas duras e de quaisquer materiais de reciclagem, convertendo-os em produtos finais, classificados com exatidão.





Lokotrack LT106 numa obra de reciclagem na Alemanha.



Além do transportador convencional, está disponível um transportador maior com articulação hidráulica.

Levando a capacidade de britagem a um novo patamar

A unidade de mandíbulas Lokotrack LT106, equipada com o novo britador de mandíbulas C106, está modificando o conceito de britagem primária, maximizando cada vez mais a produtividade.

O LT106, com uma gama de atualizações, confere fatores de sucesso ao Lokotrack: uma combinação superior de alta capacidade de britagem, versatilidade em diferentes aplicações, desenho compacto e controles de processos inteligentes e avançados.

Mais capacidade de britagem

O núcleo do Lokotrack LT106 é o novo britador de mandíbulas Nordberg C106, que

combina soluções comprovadas com tecnologias atualizadas. A longa durabilidade do novo britador de mandíbulas é conferida ao já consagrado conceito de projeto robusto, com uniões parafusadas e pinadas, sem soldas.

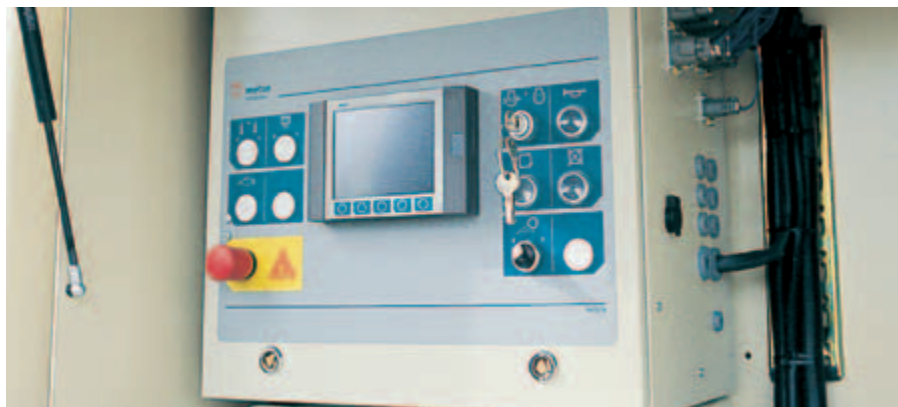
Uma performance de britagem 10% superior é obtida com a grande amplitude de movimento e baixa rotação do britador.

Os perfis da cavidade do britador de mandíbulas C106 possuem um novo desenho que permite a otimização fácil das cavidades para cada aplicação. As novas mandíbulas com um perfil assimétrico são intercambiáveis entre o lado fixo e móvel, aumentando

a vida útil. Como opção, o britador pode também ser equipado com proteção hidráulica de sobrecargas usando o Controle de Ajuste Ativo.

Eficiência ecologicamente correta

O Lokotrack LT106 possui o eficiente e ecologicamente correto motor diesel CAT, que atende aos mais recentes requisitos de emissão. O sistema de automação de processos IC700, líder de mercado e de fácil utilização, possui controle completo dos processos automáticos, arranque dos processos através de um único botão e diagnóstico avançado de falhas.



O revolucionário controlador inteligente IC700 controla toda a operação de britagem e dá informação em tempo real sobre todas as principais funções.

Principais características do Lokotrack LT106:

- sucessor aprimorado da unidade de mandíbulas mais vendida
- capacidade de britagem até 10% superior
- cavidades de britagem otimizadas
- líder no mercado de automação de processos

Lokotrack LT106 numa obra de reciclagem perto de Dortmund, na Alemanha.





Aplicação de reciclagem de material de demolição na Finlândia com o LT106S.



Pode-se usar dois sentidos de rotação no módulo de peneira do LT106S.

Dois equipamentos num só

A unidade móvel de britagem com mandíbulas Lokotrack LT106S incorpora os mesmos recursos básicos e os mesmos benefícios para o cliente que o LT106, e inclui um módulo de peneira removível. Com esta peneira integrada e removível, é possível produzir duas faixas granulométricas de agregados num único estágio de britagem e peneiramento.

A unidade de peneiramento pode ser desacoplada rapidamente, permitindo que o LT106S seja operado como unidade primária de britagem convencional, sem classificação.

Esta unidade é também uma solução muito eficaz em aplicações de reciclagem, já que o separador magnético opcional antecede a peneira.

Peneira ampla de um deck

O módulo removível de peneira de um deck do LT106S inclui uma ampla área de peneiramento de 3,3m². Podem ser usadas malhas com tamanhos entre 20mm e 80mm.

O sentido de rotação da peneira pode ser alterado de acordo com as necessidades, para melhorar a capacidade ou eficiência de peneiramento.

Para facilitar a manutenção e troca das telas da peneira, o módulo de peneiramento pode ser retirado rapidamente através de um mecanismo hidráulico, aumentando assim a disponibilidade operacional da planta.

Ampla variedade de opções

Tal como o Lokotrack LT106, o LT106S pode ser adaptado à aplicação com precisão, através de uma ampla variedade de opcionais. Como por exemplo, lubrificação central automática, pré-aquecedor do motor, uma tomada de potência hidráulica, enclausuramento contra pó, bomba de combustível, separador magnético e luzes de trabalho Xénon.



A unidade de peneiramento pode ser desacoplada em poucos minutos, permitindo que o Lokotrack LT106S opere como uma unidade de britagem primária convencional.

Principais características do Lokotrack LT106S:

- dois produtos finais simultâneos
- peneira com dois sentidos de rotação
- versatilidade de reciclagem imbatível
- customizável através de opcionais

A peneira integrada permite ao Lokotrack LT106S produzir duas faixas granulométricas distintas de agregados num único estágio de britagem.





LT116 em britagem de cascalho natural na Finlândia.



LT116 em operação de britagem de rocha dinamitada. Polônia.

Uma nova dimensão para a nossa linha de britadores móveis primários

O Lokotrack LT116 inaugura uma nova dimensão na nossa comprovada série de unidades móveis de britagem primária Lokotrack. Equipado com o novo britador de mandíbulas C116, o LT116 possui capacidade de britagem significativamente superior.

O novo e eficiente britador de mandíbulas C116

O LT116 foi projetado com base no novo britador de mandíbulas C116, beneficiando-se de soluções comprovadas e testadas através dos mais recentes desenvolvimento de produto e estudos tecnológicos. Introduzindo uma estrutura otimizada, com uniões pinadas e parafusadas, sem a utilização de sol-

das, o C116 é o nosso 12º modelo de britador de mandíbulas.

O britador de mandíbulas C116 foi projetado para britar todos os tipos de rocha, dos granitos mais duros e mais abrasivos aos materiais de reciclagem. Graças ao controle da taxa de alimentação e sensor de nível na cavidade de britagem, a cavidade do britador trabalha com a quantidade certa de material, maximizando a produção e tornando o processo ainda mais eficiente.

Opções versáteis de calhas de desvio

O conceito de calha de desvio com um transportador lateral opcional oferece opções versáteis de trabalho de acordo com

os requisitos do processo de britagem. É possível fazer uma separação do material de alimentação direcionando-o para o transportador lateral ou para o transportador principal, ou ainda, com a utilização de telas (opcional) abaixo da grelha do alimentador, conduzir o material retido para o transportador principal e o material passante para o transportador lateral.

Como uma unidade de britagem versátil, o LT116 adapta-se perfeitamente a britagem primária, com outros Lokotracks em operações secundárias e terciárias e de peneiramento móvel (linha ST). Um inovador cabo de interligação entre as unidades garante um processo homogêneo e contínuo.



O LT116 num processo de britagem e peneiramento de dois estágios com a unidade de britagem secundária LT200HPS.

Principais características do Lokotrack LT116:

- utiliza o britador de mandíbulas C116 de elevado desempenho
- excelente capacidade de britagem e mobilidade
- opções versáteis de calhas de desvio

A calha de desvio com um transportador lateral opcional garante uma remoção eficiente de finos antes da britagem.





Se necessário, o módulo de peneiramento do LT116S pode ser desacoplado rapidamente e então o LT116S pode ser conjugado aos modelos LT1213 e LT200HP.



Um separador magnético opcional pode ser selecionado para a operação de reciclagem.

Britagem e peneiramento compactos e de alta capacidade

O Lokotrack LT116S é uma unidade compacta montada sobre esteiras para britagem e peneiramento primário eficientes, inclusive em aplicações exigentes de reciclagem. Usando os opcionais disponíveis, o LT116S pode ser customizado de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação.

O LT116S tem todas as características comprovadas do LT116, e ainda um módulo de peneiramento removível.

Peneira de um deck para classificação de materiais

O LT116S incorpora uma eficiente peneira de um deck para classificação de materiais. A peneira facilmente removível tem uma

área de peneiramento de 3,9 m². Encontra-se disponível uma ampla variedade de diferentes telas de peneiramento para atender a diversidade de aplicações.

Se necessário, o módulo de peneiramento usado no LT116S pode também ser removido para conjugar o LT116 aos Lokotracks LT200HP ou LT1213.

O sentido de rotação da peneira pode ser alterado, possibilitando um melhor desempenho em termos de capacidade ou eficiência de peneiramento.

Automação avançada IC700

Como todos os Lokotracks destinados a construção, as unidades primárias LT116S

incluem o avançado e comprovado sistema de controle inteligente da Série IC. O IC700 garante uma operação com arranque fácil e acionamento através de um único botão, controles automáticos dos processos e diagnóstico para identificação de falhas.

O IC700 trabalha com base em ícones, e em mais de 10 idiomas.

Para garantir uma operação versátil, o LT116S pode ser equipado com uma vasta seleção de equipamentos opcionais, incluindo um transportador de descarga com articulação hidráulica, mais longo, controle remoto por rádio, separador magnético e gerador de baixa tensão.



O sistema de controle inteligente IC700 permite controles automáticos dos processos com baixa intervenção humana.

Principais características do Lokotrack LT116S:

- dois produtos finais simultaneamente
- peneira com dois sentidos de rotação
- versatilidade de reciclagem imbatível
- customizável através de opcionais

Britagem e peneiramento em aplicação de reciclagem com o Lokotrack LT116S.





Conforme a aplicação, o Lokotrack LT 1110 pode ser equipado com tremonhas de 5 m³ ou 8 m³.



O Lokotrack LT1110 numa obra de reciclagem na Alemanha.

Produção inteligente com impactor

A unidade de britagem montada sobre esteiras com impactor Lokotrack LT1110 é um conjunto altamente competitivo de produtividade inteligente destinado ao exigente mercado de britagem para construtoras. Combinando alta capacidade, admissão de grandes blocos de alimentação e dimensões de transporte compactas, o Lokotrack LT1110 complementa a comprovada e ampla linha de produtos das unidades móveis de britagem.

O Lokotrack LT1110 é ideal para britagem de pedras de dureza média como calcário e todos os materiais provenientes de demolições, tais como tijolos, asfalto e concreto. O LT1110 pode alcançar capacidades de britagem até 300 t/h.

Potente impactor NP1110M

O Lokotrack LT1110 foi construído tendo por base o potente impactor Nordberg NP1110M da comprovada Série NP. Este impactor foi projetado especialmente para aplicações móveis e se caracteriza por ter uma grande abertura de alimentação e uma construção robusta para proporcionar uma operação confiável por longo tempo.

Outro item de série do Lokotrack LT1110 é o sistema inteligente de controle de processos IC700. O avançadíssimo IC700 controla e ajusta todos os parâmetros vitais do processo para otimizar os resultados de britagem e gerar informações on-line sobre o que se passa nos diferentes estágios.

Melhor isolamento acústico

Com o Lokotrack LT1110 o britador, o transportador e o motor são dispostos como elementos separados. Isto facilita a manutenção e favorece um melhor isolamento anti-ruído de cada elemento. Com níveis operacionais de ruído mais baixos, o Lokotrack LT1110 se adapta bem às operações em áreas urbanas.

Utilizando uma ampla gama de opcionais, podemos adaptar o Lokotrack LT1110 para atender exatamente os requisitos de sua aplicação.



O novo projeto com elementos independentes propicia operação com baixo nível de ruído.

Principais características do Lokotrack LT1110:

- construção baseada no potente impactor NP1110
- produtividade inteligente com o controlador IC700
- baixos níveis de ruído graças ao projeto modular
- ampla variedade de opcionais
- dimensões de transporte compactas

A montagem compacta do comprovado impactor com componentes de alto nível fazem do Lokotrack LT1110 a escolha certa para as construtoras.





Graças ao controlador inteligente IC700, é possível a operação automatizada do Lokotrack LT1110S.



Dois produtos finais podem ser produzidos, quando em operação em circuito aberto.

Unidade móvel com peneira removível de dois sentidos de rotação

A unidade móvel de britagem Lokotrack LT1110S é uma unidade totalmente independente com impactor e peneira, projetada especialmente para atender as exigentes operações de britagem e peneiramento. O Lokotrack LT1110S pode produzir um produto final com granulometria precisa em circuito fechado ou dois produtos finais, usando circuito aberto.

O Lokotrack LT1110S é o quarto modelo sobre esteiras dotado de peneira e concebido para as necessidades de operações de britagem. Combina a comprovada qualidade Metso com todas as características exigidas para uma operação eficiente no dia a dia: alta capacidade e disponibilidade, amplas dimensões de alimentação, fácil manutenção e dimensões compactas para transporte.

O Lokotrack LT1110S é ideal para a britagem de pedras de dureza média como calcário e todos os materiais provenientes de demolições, tais como tijolos, asfalto e concreto. O LT1110S foi projetado para atingir capacidades de britagem até 300 t/h.

Potente impactor NP1110M

O Lokotrack LT1110 foi construído tendo por base o potente impactor Nordberg NP1110M da comprovada Série NP. Este britador foi projetado especialmente para aplicações móveis e se caracteriza por ter uma grande abertura de alimentação e uma construção robusta para proporcionar uma operação confiável por longo tempo.

Robusta peneira removível de dois sentidos de rotação

A robusta e compacta peneira de um deck pode ser retirada em poucos minutos. A característica exclusiva de rotação bi-direcional garante a mais elevada capacidade de peneiramento mesmo nas aplicações mais exigentes.

Para manutenção e troca de telas, o módulo de peneiramento é dotado de um mecanismo hidráulico de abertura que poupa tempo considerável em comparação com os sistemas mecânicos convencionais.

Controlador inteligente de processo IC700

Outra característica padrão do Lokotrack LT1110S é o inteligente sistema de controle de processos IC700. O avançado IC700 controla e ajusta todos os parâmetros vitais do processo para otimizar os resultados de britagem e fornece informações on-line sobre todo o processo.

Para o operador, o IC700 é uma grande vantagem. Pressionar um único botão inicia todo o processo.

Principais características do Lokotrack LT1110S:

- peneira removível com dois sentidos de rotação
- potente impactor projetado especialmente para unidades móveis
- processo inteligente controlado pelo IC700
- disponibilidade de ampla gama de opcionais

A peneira de rotação bi-direcional do Lokotrack LT1110S pode ser desacoplada em poucos minutos.





A robusta tremonha do LT1213 é fabricada em aço de alta qualidade resistente ao desgaste.



O impactor Nordberg NP1213M foi desenhado especialmente para a unidade móvel de britagem Lokotrack LT1213.

Lokotrack com impactor de maior capacidade

Quando procurar por uma combinação de alta capacidade de britagem e excelente cubicidade dos produtos finais, a solução é a unidade de britagem montada sobre esteiras Lokotrack LT1213 - totalmente renovada.

O impactor primário Lokotrack LT1213 oferece um novo e mais produtivo método de britagem por impacto, que também aumenta o leque de oportunidades de negócio para as construtoras. Com uma só unidade pode-se britar rocha dinamitada e todo tipo de entulho de demolição com excelente desempenho e cubicidade.

Facilmente adaptado para aplicações de reciclagem eficientes

O impactor LT1213 pode ser adaptado com precisão às mais eficientes aplicações de reciclagem. Além do alimentador convencional, pode-se utilizar opcionalmente um alimentador de dois estágios com duas máquinas vibratórias, permitindo assim alta eficiência de classificação nas grelhas sem prejuízo da produtividade. Além disso, o tamanho da tremonha pode ser selecionado de acordo com o tipo de alimentador vibratório.

Ao processar materiais de reciclagem difíceis, a calha vibratória opcional, situada sob

o britador, garante um fluxo de materiais contínuo e sem obstruções, na transferência do britador para o transportador principal.

Comprovado impactor com sistema de automação completo

O novo LT1213 foi projetado com base no comprovado impactor NP1213M, sendo usado em mais de 500 aplicações móveis em todo o mundo. O processo de britagem é controlado pelo sistema de controle IC700, incluindo: o controle automático do processo, início do processo através de um único botão, diagnóstico de falhas e uma ampla variedade de opções de idiomas.



Operação de britagem com o Lokotrack LT1213 na Espanha.

Principais características do Lokotrack LT1213:

- projetado com base no comprovado impactor da Série NP
- duas opções de alimentador disponíveis
- calha vibratória opcional sob o britador
- motor diesel ecologicamente correto

O LT1213 é um dos modelos de maior sucesso da comprovada Série Lokotrack de unidades de britagem.





O Lokotrack LT1213S britando e peneirando calcário na Estônia.



Graças ao mecanismo hidráulico do módulo de peneiramento, este pode ser rapidamente articulado para manutenção da peneira e substituição das telas.

Lokotrack completo com impactor para britagem móvel

O novo Lokotrack LT1213S é o mais recente modelo no mercado a oferecer um processo completo de britagem e peneiramento numa única unidade para aplicações primárias e secundárias, tanto em operações em circuito aberto como em circuito fechado.

Com seu eficiente módulo de peneiramento e transportador de retorno, o Lokotrack LT1213S pode ser usado numa ampla variedade de aplicações, onde seja necessário um só produto final de granulometria definida ou dois tipos de produtos finais.

Com o LT1213S, é possível ajustar o processo de britagem de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação. As

dimensões dos produtos finais gerados pela LT1213S variam entre 20-70 mm.

Possibilidade de operação em circuito fechado ou aberto

Como instalação de britagem e peneiramento completa, o Lokotrack LT1213S fragmenta o material de alimentação com o eficiente impactor NP1213M. Após a britagem, o material é separado na peneira inclinada, onde o material retido é devolvido ao impactor pelo transportador de retorno.

Além deste processo de britagem em circuito fechado, pode-se usar o Lokotrack LT1213S num processo em circuito aberto para gerar dois tipos de produtos finais.



Quando usado em circuito fechado, o Lokotrack LT1213S produz um produto final com faixa granulométrica exata.

O módulo de peneiramento pode ser removido através do mecanismo hidráulico

O módulo removível de peneiramento de um deck possui uma área de peneiramento de 3,9 m². Além disso, o sentido de rotação da peneira pode ser invertido de acordo com as necessidades, para melhorar a capacidade ou eficiência do peneiramento.

Para facilitar a manutenção e troca das telas de peneiramento, o módulo pode ser aberto hidráulicamente, aumentando assim a disponibilidade operacional.

Principais características do Lokotrack1213S:

- unidade completa de britagem e peneiramento sobre esteiras
- pode ser usado tanto em circuito aberto como fechado
- módulo de peneira transportável
- abertura hidráulica facilita a manutenção da peneira

O Lokotrack LT1213S num processo de britagem e peneiramento de três estágios, juntamente com a unidade de mandíbulas LT116 e com a peneira móvel ST4.8.





O Lokotrack LT200HP pode ser facilmente operado com um impactor primário ou unidade de mandíbulas e com uma peneira móvel.



O LT200HP foi projetado com base no comprovado e conhecido britador cônico HP200.

Unidade móvel compacta com britador cônico

O Lokotrack LT200HP, projetado para aplicações de britagem secundárias e terciárias, combina alta capacidade, ampla abertura de alimentação e dimensões de transporte compactas. O LT200HP complementa a comprovada e ampla linha de produtos das unidades móveis de britagem Lokotrack originais.

Comprovado britador cônico HP200

A unidade móvel de britagem Lokotrack LT200HP foi projetada com base em um dos britadores cônicos mais vendidos no mercado, o Nordberg HP200. O britador cônico HP200 possui alta capacidade e confiabilidade, além de gerar produtos finais de alta qualidade e cubacidade com baixo custo das peças de desgaste.



O sistema de controle inteligente IC600 garante um processo de britagem estável e constante.

Processo controlado pelo sistema de controle inteligente IC600

Como padrão, todas as unidades Lokotrack LT200HP vêm equipadas com o sistema de controle inteligente IC600. Uma das muitas funções gerenciadas por esse sistema de controle inteligente é a alimentação do britador, garantindo sempre uma britagem em regime contínuo, com alta qualidade e cubacidade dos produtos finais, pois o britador cônico trabalha sempre com a câmara cheia.

As informações on-line estão disponíveis para o operador controlar e monitorar o processo de britagem que pode ser iniciado e parado através de um único botão.

Operação versátil com outros produtos das linhas LT e ST

O Lokotrack LT200HP pode ser facilmente operado com outras unidades móveis Lokotrack. Como exemplo, o LT200HP pode ser utilizado com a peneira móvel montada em esteiras Lokotrack ST3.8, em operação de circuito aberto ou circuito fechado. Em operações completamente móveis as unidades móveis compostas pelo LT106, LT200HP e ST3.8, todas as três unidades podem ser interligadas para uma operação perfeita.

Principais características do Lokotrack LT200HP:

- projetado com base no comprovado britador cônico HP200
- processo gerenciado com o novo sistema de controle IC600
- total versatilidade com outros modelos LT e ST
- tempo de britagem maximizado
- fácil de transportar entre locais de operação

Lokotrack LT200HP como unidade secundária num processo de britagem e peneiramento de três estágios.





O Lokotrack LT200HPS pode ser equipado com peneiras de um deck...



...ou de dois decks, de acordo com a aplicação pretendida.

Unidade com britador cônico sobre esteiras com duas opções de peneiras

O Lokotrack LT200HPS pode ser equipado com peneiras removíveis de um ou dois decks. Esta nova unidade cônica foi projetada para aplicações eficientes de britagem secundária e de finos, e aplicações de peneiramento que tenham como requisitos alta produtividade, alta qualidade de formato do produto final, peneiramento preciso e dimensões de transporte compactas.

Peneiras removíveis de um ou dois decks

O Lokotrack LT 200 HPS possui módulo de peneiramento removível de um ou dois decks. A peneira padrão de um deck possui ampla área de peneiramento de 3,9 m² e

opções de tela que variam entre 20 e 60 mm. Por outro lado, a peneira opcional de dois decks permite a produção simultânea de dois produtos finais com faixas granulométricas exatas.

O sentido de rotação da peneira pode ser alterado, possibilitando melhorar sua capacidade ou sua eficiência. Além disso, o módulo de peneira possui um mecanismo de abertura hidráulica para facilitar a troca das telas, favorecendo intervenções rápidas e fáceis. Os transportadores de recirculação opcionais garantem eficiência em operações de circuito fechado.



A abertura hidráulica do módulo de peneiramento do LT200HPS permite a troca fácil e rápida das telas da peneira.

Energia proveniente de Diesel em conformidade com as mais estritas legislações ambientais

O motor CAT diesel com transmissão hidráulica atende as normas de emissão mais recentes. Graças à velocidade variável do britador, o usuário pode otimizar a velocidade de britagem conforme os requisitos de revestimentos e materiais de alimentação específicos, e assim controlar a granulometria, maximizar a produção e reduzir o custo do material de desgaste por tonelada.

Destaques do Lokotrack LT200HPS:

- disponibilidade de peneiras de um ou dois decks
- construído com base no comprovado britador cônico HP200
- transportável mesmo com todos os opcionais
- total versatilidade com outros Lokotracks

A peneira de dois decks opcional permite a produção simultânea de dois produtos finais.





O novo LT7150 permite a produção de agregados cúbicos de alta qualidade e areia de brita.



Graças à ampla tremonha, o LT7150 pode ser alimentado com o transportador, escavadeira ou pá carregadeira.

O primeiro Lokotrack equipado com Barmac VSI

O conceito original e comprovado de britagem móvel sobre esteiras do Lokotrack e o Barmac VSI, líder global em tecnologia de impactores de eixo vertical (VSI - Vertical Shaft Impactor), combinaram suas tecnologias no Lokotrack LT7150.

O novo Lokotrack LT7150 é a opção ideal para britagem de estágio final para produção de agregados cúbicos de alta qualidade, base de estrada e areia artificial de primeira qualidade.

Tecnologia comprovada rocha-sobre-rocha

O novo Lokotrack VSI foi construído tendo por base o comprovado impactor de eixo vertical Barmac Série B, com ação de britagem rocha-sobre-rocha. O Barmac permite operação e serviço rápidos e fáceis, além de possibilitar também o controle gradual da

granulometria do produto e a geração de produtos finais cúbicos com qualidade superior.

O rotor do VSI da Barmac aceita materiais de alimentação de até 66 mm, acelera o material e descarrega-o continuamente na câmara de britagem. As velocidades de saída das partículas variam entre 45 - 70 m/s.

O impactor é movido por um motor hidráulico que elimina a necessidade de correias-V. Isto permite que a velocidade periférica seja totalmente ajustável a partir do painel de controle automatizado.

Opções flexíveis de alimentação

O LT7150 pode ser alimentado por transportador de correias, escavadeira ou pá carregadeira graças à ampla tremonha. O robusto alimentador de correias leva o material de alimentação até o Barmac.

O Lokotrack LT7150 vem equipado com motor CAT C13 - eficiente e ecologicamente correto, que atende aos mais recentes requisitos de emissões. Além disso, o sistema de automação de processo IC400, líder de mercado e de fácil utilização, inclui controles automáticos de processos de britagem, arranque dos processos através de um único botão e diagnóstico avançado de falhas.

Principais características do Lokotrack LT7150:

- produz agregados e areia de alta qualidade
- operação e manutenção rápidas e fáceis
- baixo custo das peças de desgaste
- velocidade ajustável através do painel de controle

O LT7150 é o primeiro modelo da série equipado com um Barmac VSI.





O LT1100 pode ser facilmente transportado entre locais de britagem.



Pode-se optar pelos britadores cônicos GP11M ou GP11F para o LT1100.

Versátil unidade com britador de cone secundário e terciário para qualquer processo móvel

O Lokotrack LT1100 é uma unidade de britagem montada em esteiras, auto-propelida por um motor diesel. A construção robusta permite a aplicação do LT1100 nas mais exigentes aplicações de rochas duras. Um potente sistema de tração torna o LT altamente manobrável. O módulo básico do LT1100 inclui componentes como estrutura, esteiras, sistema hidráulico e elétrico, painéis de controle, proteções de correia, plataformas de manutenção, corrimões e escadas.

No processamento móvel, o LT1100 é normalmente alimentado por uma unidade móvel de britagem primária como por exemplo o Lokotrack LT106. Num processo de britagem e peneiramento de dois estágios, uma combinação da LT106 e da LT1100 pode atingir uma capacidade de produção de até 350 t/h.

Britadores cônicos GP11 e GP11F como opção

A unidade secundária LT1100 pode ser equipada com britadores cônicos GP11M ou GP11F Nordberg, com fácil ajuste hidráulico, três configurações de cavidade e a possibilidade de usar três amplitudes diferentes. Os britadores cônicos da Série GP são conhecidos pela elevada capacidade de produção e boa cubicidade do produto final.

Peneira de alta precisão com três decks

A peneira horizontal B380T de três decks horizontal possui elevada precisão e uma área de peneira de 8m² por deck. Graças ao sistema de dampers do LT1100, os materiais do deck superior ou do deck superior e intermediário podem ser conduzidos separadamente para a cavidade de britagem propiciando aumento de capacidade e melhor adaptação e flexibilidade dos processos.

O Lokotrack LT1100 pode ser facilmente ajustado para a posição de transporte, graças aos mecanismos acionados hidráulica-

Economia na operação e nos custos de manutenção

O processo de dois estágios usando o LT1100 como unidade secundária ou terciária proporciona economia na operação e nos custos de manutenção, graças à automação, confiabilidade e simplicidade do projeto.

Dependendo dos requisitos das aplicações, a série móvel de peneiramento Lokotrack ST (ST272, ST3.5, ST3.8, ST4.8 ou ST620) pode ser facilmente adicionada ao processo.

Principais características do Lokotrack LT1100:

- construção robusta e móvel
- opções dos potentes e comprovados britadores cônicos GP11M e GP11F
- excelente distância do solo
- versátil para qualquer processo móvel

O Lokotrack LT1100 é uma unidade cônica montada sobre esteiras eficiente para aplicações secundárias e terciárias.



Unidades de britagem primária com mandíbulas da Série Lokotrack LT



Unidade de mandíbulas Lokotrack LT96.



Unidade de mandíbulas Lokotrack LT96S com peneira removível.



Unidade de mandíbulas Lokotrack LT106.



Lokotrack LT116 alimentando a unidade cônica LT1100.

LT COM MANDÍBULAS	LT96	LT96S	LT106	LT106S	LT116	LT116S
Dimensões de transporte						
Comprimento	12 450 mm	14 800 mm	14 200 mm	16 000 mm	15 500 mm	18 100 mm
Largura	2 500 mm	2 500 mm	2 800 mm	2 800 mm	3 000 mm	3 000 mm
Altura	3 100 mm	3 100 mm	3 400 mm	3 400 mm	3 600 mm	3 600 mm
Peso	27 800 kg	31 200 kg	37 300 kg	42 000 kg	50 000 kg	55 000 kg
Britador						
Britador de mandíbulas Nordberg	C96	C96	C106	C106	C116	C116
- largura da boca de entrada	930 mm	930 mm	1 060 mm	1 060 mm	1 150 mm	1 150 mm
- profundidade da boca de entrada	580 mm	580 mm	700 mm	700 mm	800 mm	800 mm
Alimentador						
Volume da tremonha de alimentação	4 m ³ /6 m ³	4 m ³ /6 m ³	6 m ³	6 m ³	6m ³	6m ³
- largura	2 700 mm	2 700 mm	2 600 mm	2 600 mm	2 600 mm	2 600 mm
Alimentador com grelha Nordberg	TK9-32-2V	TK9-32-2V	TK11-42-2V	TK11-42-2V	TK11-42-2V	TK11-42-2V
- comprimento	3 200 mm	3 200 mm	4 150 mm	4 150 mm	4 200 mm	4 200 mm
- largura	950 mm	950 mm	1 100 mm	1 100 mm	1 100 mm	1 100 mm
Peneira						
-	-	TK11-20-S	-	TK11-30-S	-	-
- comprimento	-	2 000 mm	-	3 000 mm	-	3 000 mm
- largura	-	1 100 mm	-	1 100 mm	-	1 300 mm
Motor/Cat						
- potência	168 kW	168 kW	224 kW	224 kW	310 kW	310 kW
Capacidade máxima						
	350 mtp/h	350 mtp/h	400 mtp/h	400 mtp/h	450 mtp/h	450 mtp/h

Unidades com impactores Série Lokotrack LT



Impactor Lokotrack LT1110.



Impactor Lokotrack LT1110S com peneira removível.



Impactor Lokotrack LT1213.



Impactor Lokotrack LT1213S com peneira removível.

LT COM IMPACTORES	LT1110	LT1110S	LT1213	LT1213S
Dimensões de transporte				
Comprimento	14 900 mm	17 700 mm	14 700 mm	17 200 mm
Largura	2 500 mm	2 750 mm	3 000 mm	3 000 mm
Altura	3 400 mm	3 400 mm	3 400 mm	3 400 mm
Peso	32 000 kg	36 200 kg	40 000 kg	50 000 kg
Britador				
Impactor Nordberg	NP1110M	NP1110M	NP1213M	NP1213M
- abertura de alimentação	1 040 x 800 mm	1 040 x 800 mm	1 320 x 900 mm	1 320 x 900 mm
- velocidade do britador	500-800 rpm	500-800 rpm	450-600 rpm	450-600 rpm
Alimentador				
Volume da tremonha de alimentação	5 m ³ /8 m ³	5 m ³ /8 m ³	6 m ³ /9 m ³	6 m ³ /9 m ³
- largura	2 600 mm	2 600 mm	2 600 mm	2 600 mm
Alimentador com grelha Nordberg	TK9-42-2V	TK9-42-2V	TK11-42-2V	TK11-42-2V
- comprimento	4 200 mm	4 200 mm	4 200 mm	4 200 mm
- largura	930 mm	930 mm	1 100 mm	1 100 mm
Peneira	-	TK11-30-S	-	TK13-30-S
- comprimento	-	3 000 mm	-	3 000 mm
- largura	-	1 100 mm	-	1 300 mm
Motor/Cat				
- potência	242 kW	242 kW	310 kW	310 kW
Capacidade máxima	300 mtp/h	300 mtp/h	400 mtp/h	400 mtp/h

Unidades com britadores cônicos e VSI Série Lokotrack LT

LT COM CONES e VSI	LT200HP	LT200HPS	LT7150
Dimensões de transporte			
Comprimento	16 750 mm	18 960 mm	16 800 mm
Largura	3 000 mm	3 000 mm	3 000 mm
Altura	3 400 mm	3 400 mm	3 400 mm
Peso	30 000 kg	39 800 kg	30 000 kg
Britador			
Britador cônico Nordberg HP200			Impactor com eixo vertical B7150M
- abertura máx. de alimentação	210 mm	210 mm	tamanho máx. de alimentação 66 mm
- acionamento hidráulico com velocidade ajustável			transmissão hidráulica direta
			velocidade periférica 45-70 m/s
Alimentador de correias H10-6			
- largura da correia	1 000 mm	1 000 mm	1 000 mm
- comprimento	6 000 mm	6 000 mm	6 000 mm
- tamanho da tremonha	5.0 m ³	5.0 m ³	5.0 m ³
Peneira de um deck			
Comprimento		3 000 mm	
Largura		1 300 mm	
Área de peneiramento		3.9 m ²	
Peneira de dois decks			
Comprimento		3 000 mm	
Largura		1 500 mm	
Área de peneiramento		4.5 m ² per deck	
Transportador principal H8-10			
- largura da correia	800 mm	800 mm	800 mm
- comprimento	10 000 mm	10 000 mm	10 000 mm
Motor/Cat			
- potência	310 kW	310 kW	310 kW

LT COM CONES	LT1100
Dimensões de transporte	
Comprimento	18 500 mm
Largura	3 500 mm
Altura	3 800 mm
Peso	51 200 kg
Britador	
Aberturas de alimentação nominal	Nordberg GP11M/GP11F
- GP11F grosso	200 mm
- GP11M grosso	180 mm
- Extra grosso	220 mm
- Potência do motor	132-160 kW
- Amplitudes	20, 25 e 30 mm
Peneira	
Peneira horizontal de 3 decks	
- tamanho da peneira	1600 x 5450 mm
- área de peneiramento/deck	8 m ²
- abertura máxima da malha	80 mm
Transportador principal H8-8	
- largura da correia	800 mm
- comprimento	8 000 mm
Motor/Cat	
- potência	310 kW

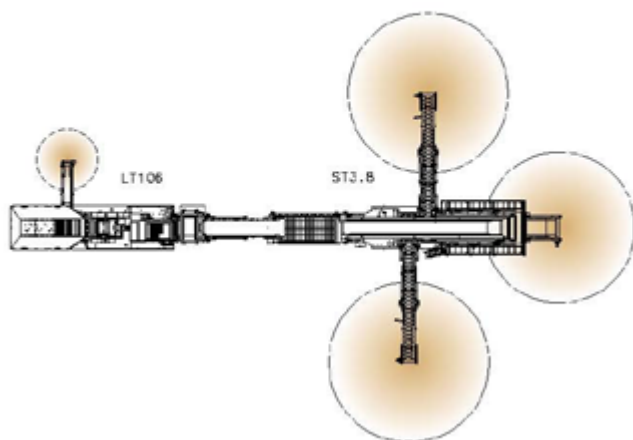


Unidade cônica Lokotrack LT200HP.



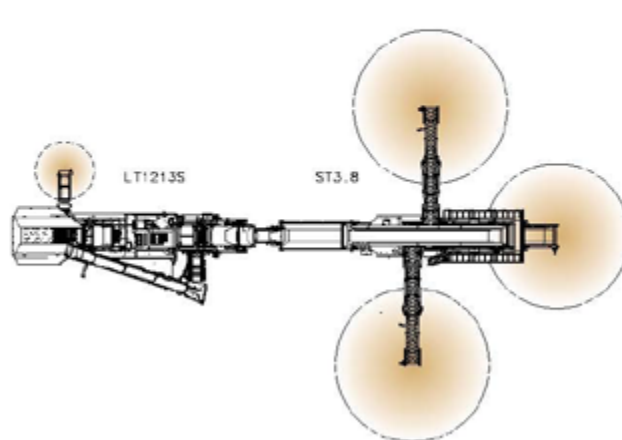
Unidade cônica Lokotrack LT1100.

Unidades de mandíbulas e peneiras móveis



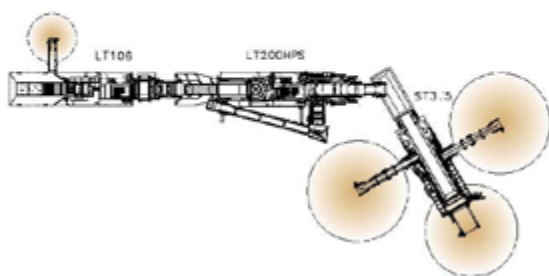
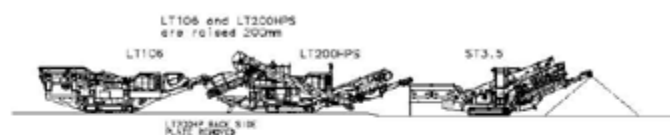
Lokotrack LT106 + peneira móvel ST3.8, circuito aberto

Impactores e peneiras móveis

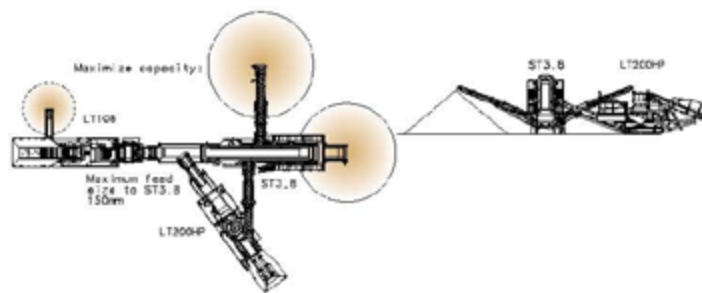


Lokotrack LT1213S + peneira móvel ST3.8, circuito aberto

Unidades de mandíbulas, cônicas & peneiras móveis



Lokotrack LT106 + LT200HPS + peneira móvel ST3.5, circuito aberto



Lokotrack LT106 + LT200HP + peneira móvel ST3.8, circuito fechado

Equipamentos de britagem e peneiramento de Tecnologia de Mineração e Construção da Metso

Famílias de produto:

Britadores

- Britadores de mandíbulas Série C
- Britadores giratórios primários
- Britadores cônicos Série GP
- Britadores cônicos Série HP
- Britadores cônicos Série MP
- Impactores de eixo horizontal Série NP
- Impactores de eixo vertical Série Barmac

Peneiras

- Peneiras Série DF
- Peneiras Série CVB
- Peneiras Série FS
- Peneiras Série TS
- Peneiras Série MF
- Peneiras Série RF

Alimentadores

- Alimentadores Série TK
- Alimentadores Série VF
- Alimentadores Série LH.G
- Alimentadores Série VG
- Alimentadores Série PF
- Alimentadores Série HRBM

Plantas móveis de britagem e peneiramento

- Plantas móveis de britagem Lokotrack Série LT
- Plantas móveis de peneiramento Lokotrack Série ST
- Transportadores móveis Lokotrack Série CT e CW
- Plantas móveis de britagem Nordberg Série NW

Unidades completas

- Unidades completas para produção de agregados
- Unidades completas para reciclagem



Todos os equipamentos da Metso Minerals Oy Tampere são produzidos em acordo com o sistema de garantia de qualidade que está em conformidade com a norma ISO 9001, conforme certificado por Lloyd's Register Quality Assurance Limited.



www.metso.com/miningandconstruction
minerals.info.csr@metso.com

Principais contatos da Metso

METSO MINERALS (PORTUGAL) LDA.

Rua Sebastião e Silva, Nos. 71-73,
Zona Industrial de Massamá
2745-838 Massamá
Portugal
Telefone: +351 21 438 8550
Fax: +351 21 438 8559

METSO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

Avenida Independência, 2500 - Éden
18087-101 Sorocaba
Brasil
Telefone: +55 15 2102 1300

METSO'S MINING AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY

Lokomonkatu 3, P.O. Box 306
33101 Tampere
Finlândia
Telefone: +358 204 84 142
Fax: +358 204 84 143

ANEXO VIII

Nordberg
LL Series mobile conveyors





Nordberg LL Series mobile conveyors

Nordberg LL conveyors are designed to link the Lokotrack primary crushing unit to further processing stages in mine and quarry operations. Nordberg LL conveyors carry the material crushed by the primary unit directly, or through a field conveyor, to secondary crushing.

Nordberg LL conveyors are able to follow the primary unit as it moves along the quarry face. The mobile conveyors can be easily moved to a safe distance from the face for blasting. Each conveyor can be moved individually or as a combination of two or three sections using a Nordberg LT or other mobile equipment normally present at the quarry.

The mobility and flexibility of the Nordberg LL conveyors ensure that production is interrupted for as short a time as possible when the Lokotrack and conveyors are moved at the face or away for blasting.

Replacing dump truck haulage with the LT-system can achieve very substantial savings in operating costs. Once the material has been crushed, belt conveying is by far

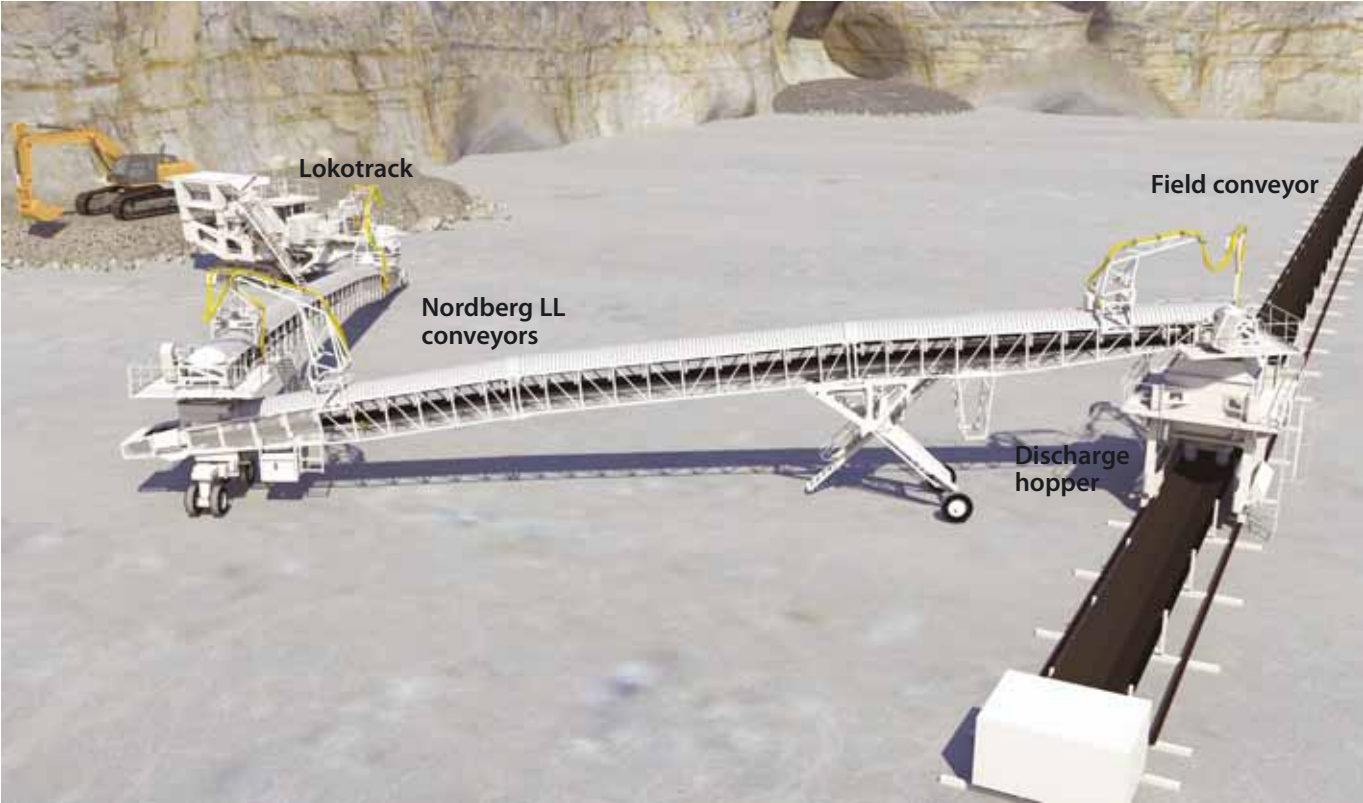
the most cost efficient way of transporting the material.

Eliminating the haulage fleet means lower levels of dust and exhaust gas emissions. A further benefit is the improved work safety.

Main features of mobile conveyors:

- Direct, mobile material link from primary to secondary stage
- Replaced heavy dump truck haulage
- Improves working safety
- Reduces exhaust emissions





Specification

Nordberg LL12 (one conveyor unit)

Belt width	1200 mm	(48 in)
Length c/c	36 m	(118 ft)
Power	37 kW	(50 HP)
Weight	16,000 kg	(35,000 lbs)
Capacity	1200 tph	(1320 stph)
Max. lump size	300 mm	(12 in)
Compatibility	LT125, LT140, LT1418, LT1620	

Nordberg LL16 (one conveyor unit)

Belt width	1600 mm	(63 in)
Length c/c	42 m	(138 ft)
Power	2 x 37 kW	(2 x 50 HP)
Weight	28,000 kg	(60,000 lbs)
Capacity	2000 tph	(2200 stph)
Max. lump size	350 mm	(14 in)
Compatibility	LT160, LT1620	

Metso Mining and Construction Technology crushing equipment

Our Nordberg, Barmac and Lokotrack brand ranges:

Unit crushers

- C Series jaw crushers
- Primary gyratory crushers
- GP Series cone crushers
- HP Series cone crushers
- MP Series cone crushers
- NP Series horizontal impact crushers
- B Series vertical impact crushers
- Laboratory crushers

Mobile equipment

- LT Series mobile crushing plants
- NW Series portable plants

Complete plants

- Complete plants for aggregate production
- Complete plants for recycling

Mining and Construction Technology main contacts

Australia and New Zealand

Metso Minerals (Australia) Ltd
1110 Hay Street
West Perth, WA 6005
Australia
Phone: +61 8 9420 5555
Fax: +61 8 9320 2500

China

Metso Minerals (Beijing) Ltd
19/F, The Exchange Beijing, Tower 4,
China Merchants Centre,
No. 118 Jian Guo Lu Yi Chaoyang District
100022 Beijing,
China
Phone: +86 10 6566 6600
Fax: +86 10 6566 2583

India and Asia-Pacific

Metso Minerals (India) Pvt Ltd
1st Floor, DLF Building No. 10,
Tower A, DLF Cybercity
DLF Phase II,
Gurgaon 122002
India
Phone: +91 124 235 1541
Fax: +91 124 235 1601

Europe, Middle East and Africa

Metso Minerals España, S.A.
C/ Rivas N° 4
28032 Madrid
Spain
Phone: +34 91 825 5700
Fax: +34 91 825 5740

North and Central America

Metso Minerals Industries Inc.
20965 Crossroads Circle
Waukesha, WI 53186
U.S.A.
Phone: +1 262 717 2500
Fax: +1 262 717 2504

Russia and other CIS countries

ZAO Metso Minerals (CIS)
V.O. Liniya, 70
199178 St. Petersburg
Russia
Phone: +7 812 740 3040
Fax: +7 812 740 5775

South America

Metso Minerals Indústria e Comércio Ltda
Avenida Independência, 2500 - Éden
18087-050 Sorocaba
Brazil
Phone: +55 15 2102 1300
Fax: +55 15 2102 1696



All Metso Minerals, Inc. Tampere Works equipment is produced in accordance with a quality assurance system that complies with the ISO 9001 standard, as certified by DNV Certification Oy.

Metso's Mining and Construction Technology

P.O. Box 306
FIN-33101 Tampere
Finland
Phone: +358 2048 4142
Fax: +358 2048 4143

e-mail: minerals.info.csr@metso.com
www.metso.com/miningandconstruction

